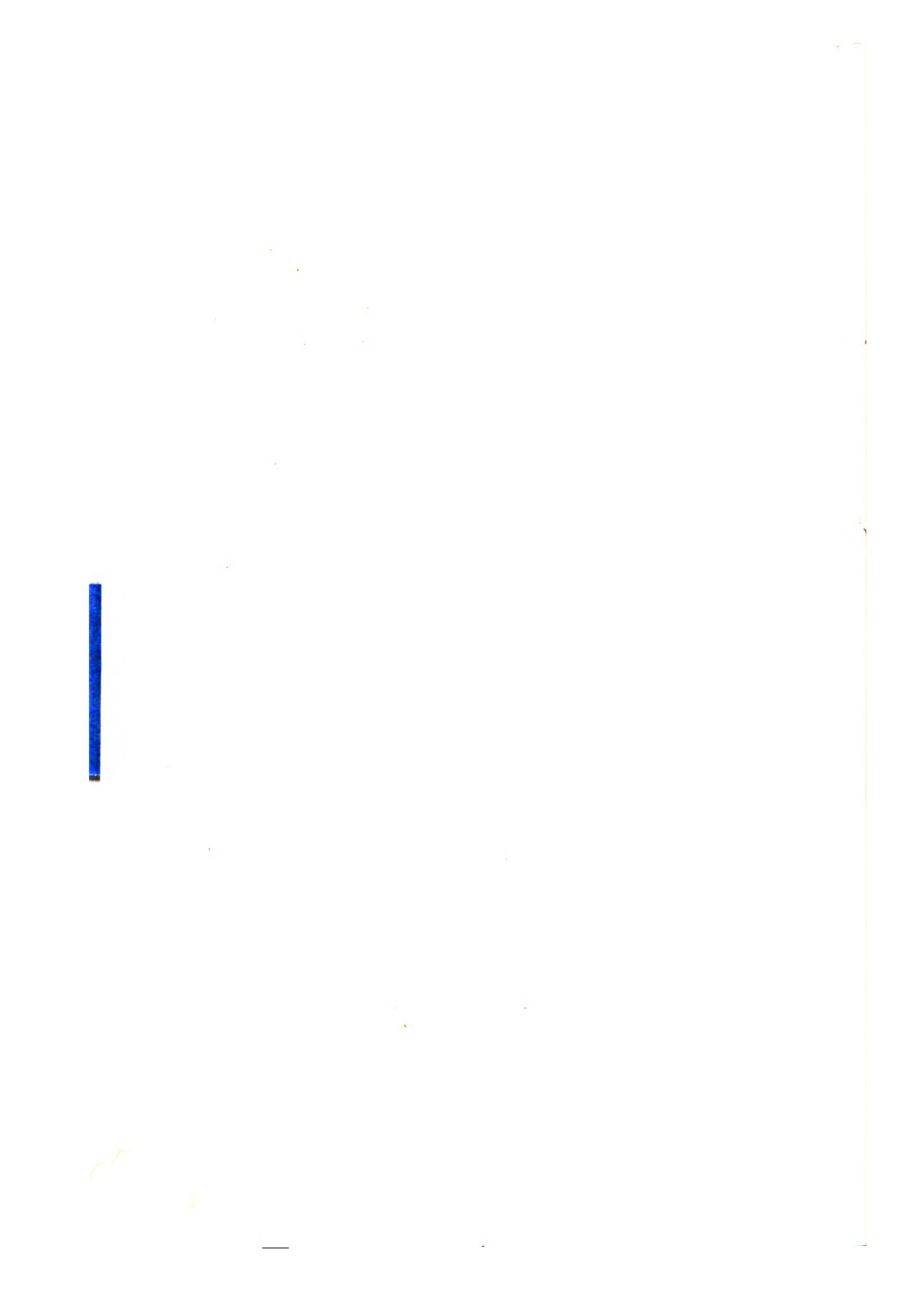




Verhandlungen
des
Naturwissenschaftlichen Vereins
IN KARLSRUHE

24. Band. 1910—1911.

Mit 12 Tafeln, 38 Textfiguren und 4 Kartenskizzen.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1912.

Inhaltsverzeichnis.

Sitzungsberichte.

Abhandlungen.

Jahresbericht.

Im Vereinsjahr 1910/11 haben 15 Sitzungen stattgefunden, in denen 20 Vorträge gehalten worden sind; von den Thematen fielen 6 auf Physik, je 3 auf Geologie und allgemeine Naturwissenschaften, je 2 auf Botanik und Chemie und je 1 auf Geophysik, Anthropologie, Pädagogik und Zoologie. Als Versammlungslokal diente an 5 Abenden das sogenannte Speisezimmer im Gesellschaftshause des »Museums«, an den übrigen 10 ein Hörsaal der Technischen Hochschule.

Die Mitglieder des Vereins waren außerdem dreimal von der Deutschen Kolonialgesellschaft Abt. Karlsruhe, zweimal vom Bezirksverein deutscher Ingenieure und einmal vom Elektrotechnischen Verein zu Vorträgen eingeladen.

Tätigkeit der Erdbebenkommission im Vereinsjahr 1910/11.

Die beiden Erdbebenstationen in Durlach und Freiburg waren das ganze Jahr hindurch mit geringen Unterbrechungen tätig. In Durlach sind mehrere Störungen dadurch aufgetreten, daß die photographischen Linsen infolge der großen Feuchtigkeit, die das ganze Jahr hindurch in den Stationsräumen geherrscht hat, beschlagen waren. In Freiburg hat die elektrische Auslösung, durch welche die Lampe jeweils etwas verschoben wird, häufig versagt; es wurde deshalb in der Großh. Uhrmacherschule in Furtwangen ein neuer Registrierapparat angefertigt, bei dem die Lampe feststeht, während die Registriertrommel etwas verschoben wird.

In Durlach ist mit dem Bau der für die Großh. landwirtschaftliche Versuchsanstalt in Augustenberg bestimmten Rebveredlungsanstalt auf dem Gelände, unter dem sich die Erdbebenstation befindet, bis zum Schluß des Vereinsjahres nicht begonnen worden. Der Erdbebenstation sind vom Großh. Ministerium des Innern etwas größere Arbeitsräume als ursprünglich geplant war, zugestanden worden.

Aus den in Durlach und in Freiburg erhaltenen Aufzeichnungen sind die Erdbeben und die stündlichen Ordinaten bis Ende 1908 abgelesen worden. Die Bearbeitung des letzteren Materials zur Ableitung der Deformation der Erdkruste durch den Mondeinfluß ist begonnen worden. In dankenswerter Weise hat das Großh. Ministerium des Kultus und Unterrichts einen einmaligen außerordentlichen Zuschuß von 500 M. zu den Kosten des Betriebs der beiden Stationen bewilligt.

Im Keller des Aulabaues ist seit dem Vorjahr ein Mainkasches Kegelpendel mit Registrierung auf berußter Trommel aufgestellt; es war fast ununterbrochen im Betrieb, doch waren wegen der großen Unruhe des Hauses die ersten Einsätze der Beben meist schwer zu erkennen.

Erdbeben im Land sind am 6. Mai, 7. und 8. Dezember 1910 und 21. Januar 1911 vorgekommen. Vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie ist mit Hilfe der Großh. Wasser- und Straßenbauinspektionen Beobachtungsmaterial darüber gesammelt worden.

Der Stadt Durlach verdankt die Erdbebenkommission einen Beitrag von 80 M., der zur Deckung der Kosten der Gas- und Wasserzuleitung zur Erdbebenstation bestimmt ist; in Freiburg wird die elektrische Beleuchtung der dortigen Erdbebenstation in dankenswerter Weise von der Stadtgemeinde unentgeltlich geliefert.

Rechnungsführung.

A. Vermögensaufstellung am 20. Juni 1911.

Einnahmen.

Kassenvorrat im Vorjahr	M.	2 896.83	
Mitgliederbeiträge	»	1 614.—	
Zahlung der Stadtkasse Durlach . .	»	80.—	
Beitrag des Ministeriums des Kultus und Unterrichts	»	300.—	
Beitrag des Vereins Karlsruher Ärzte zu einem gemeinsamen Vortrag .	»	20.—	
Zinsen von Wertpapieren	»	942.—	
Zinsen im Kontokorrent	»	73.39	
			M. 5 926.22

Ausgaben.

Bureaukosten, Drucksachen, Lokalmiete, Porti usw.	M.	1 084.63		
Jahresberichte	»	1 841.93		
	»	2 926.56		
Erdbebenstation Durlach	»	108.54		
			M.	3 035.10
Kassenrest im Juni 1911			M.	2 891.12
Bestand der Handkasse	M.	28.29		
Guthaben bei der Bad. Bank .	»	2 862.83	»	2 891.12

B. Das Vermögen hat am 20. Juni 1911 betragen:

In Wertpapieren lt. Aufstellung . . .	M.	26 200.—		
In bar	»	2 891.12		
			M.	29 091.12
Das Vermögen betrug im Juni 1910			»	29 096.83
mithin Abnahme . .			M.	5.71

Drucksachen-Tauschverkehr.

Im Vereinsjahr sind neue Tauschverbindungen nicht angeknüpft worden.

Eingegangen sind die nachstehend verzeichneten Druckwerke:

A. Von Akademien, wissenschaftlichen Instituten und Vereinen:

Ann Arbor. Michigan Academy of Science: Twelfth Report.

Augsburg. Naturwissenschaftlicher Verein. 39. u. 40. Bericht.

Bamberg. Naturforschende Gesellschaft. Festschrift zur Feier des 75jährigen Bestehens 1834—1909 (21. Bericht).

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen. Band 20, Heft 3, mit Autorenverzeichnis der Bände 1—20; Band 21.

Bergen. Museum. Aarsberetning for 1910. — Aarbog 1910; 1. 2. 3. hefte; 1911, 1. hefte. — An acount of crustacea of Norway Vol. V, Parts 29—34.

Berlin. Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift: A. Abhandlungen 62. Band, 1.—4. Heft, 63. Band 1. Heft. B. Monatsberichte 1910 No. 1—12, 1911 No. 1—3.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen aus dem Jahr 1909, No. 1701—1739; desgl. 1910, No. 1740—1769.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens. Sitzungsberichte 1909, 2. Hälfte; 1910, 1. Hälfte. — Verhandlungen. 66. Jahrgang 1909, 2. Hälfte; 67. Jahrgang 1910, 1. Hälfte.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vol. 45, No. 8—21; Vol. 46 No. 1—17.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaften. 16. Jahresbericht für die Vereinsjahre 1907/1908 u. 1908/1909.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. 20. Band, 2. Heft.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. 87. Jahresbericht.

Brünn. Naturforschender Verein. Verhandlungen 48. Band 1909. — 26. Bericht der meteorol. Kommission des N. V.: Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1906.

Bruxelles. Observatoire Royal de Belgique. Annuaire astronomique pour 1912. — Annales, nouvelle série, physique du globe Tome V, Fasc. I.

— Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique. Annales Tome 45, Année 1910.

— Société Entomologique de Belgique. Annales Tome 54. — Mémoires Vol. XVIII.

— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts. Bulletin de la classe des sciences 1910, No. 5—12; 1911 No. 1—4. — Tables générales du recueil des Bulletins, 3me série, Tomes 31 à 36 (1898—1908). — Annuaire, 77e année 1911.

Chapel Hill (North Car.). Elisha Mitchell Scientific Society. Journal. Vol. 26, No. 1—4.

Chicago. Field Columbian Museum. Zoological series Vol. VII, No. 9: A. synoptic list of the fishes known to occur within

fifty miles of Chicago. Vol. VII, No. 10: Notes on some cleridae of Middle and North America with description of new species. Vol. X, No. 3: Further new mammals of British East Africa. Vol. I, No. 6: Catalogue of a collection of birds from Costa Rica. Vol. VII, No. 11: Batrachians and reptiles from British East Africa. Vol. VII, No. 12: Notes on batrachians and reptiles from the islands north of Venezuela. Vol. X, No. 4: Mammals from the coast and islands of northern South America. — Report series. Vol. IV, No. 1: Annual Report of the Director for the year 1910.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht, neue Folge, 52. Band, Vereinsjahr 1909/10.

Cincinnati. Lloyd Library. Mycological series No. 4: Lloyd. Synopsis of the known phalloids; No. 14: Synopsis of genus Hexagona. — Mycological notes No. 27—36. -- Pharmacy series: The electric alkoloids, resins, resinoids, oles-resins and concentrated principles. — Botany series: Catalogue of the ferus and flowering plants of Cincinnati, Ohio and vicinity.

Columbus. State University. 39th Report of the year ending June 30, 1909. — Catalogue May 26 1910. — 15th Annual Report of the Ohio State Dairymens Association 1909. — Universitary Bulletin. College of Engineering. Part II. — Univ. Bull. Commencement number July 22, 1909. — University views.

Colmar. Naturhistorische Gesellschaft. Mitteilungen, neue Folge. 9. Band. Jahre 1907 u. 1908.

Dahlem bei Berlin. Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen. 52. Jahrg. 1910. -- Verzeichnis der in den Verhandlungen des B. V. Band 31--50 enthaltenen Arbeiten.

Dar-es-Salâm. Kaiserl. Gouvernement. Der Pflanzer. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Jahrgang VII, No. 1—6.

Davenport (Jowa). Academy of Natural Science. Proceedings. Vol. 12, P. 223—240.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht. Sitzungsperiode 1909/1910.

— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrg. 1910 Jan.—Dez.

Dresden. Genossenschaft Flora, Gesellschaft für Botanik und Gartenbau. Sitzungsberichte und Abhandlungen. 14. Jahrgang der neuen Folge 1909/1910.

Dürkheim. Pollichia, Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Mitteilungen No. 25, 26. Jahrgang 1909.

Emden. Naturforschende Gesellschaft. 94. Jahresbericht 1908/09.

Erlangen. Physikalisch-medizinische Sozietät. Sitzungsberichte 41. Band 1909.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1909/1910.

— Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft. 41. Bericht.

Frankfurt a. O. Naturwissenschaftlicher Verein. Helios 26. Band.

Freiburg i. B. Naturforschende Gesellschaft. Berichte. 18. Band, 2. Heft.

Graz. Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark. Mitteilungen. Band 46, 1. u. 2. Heft.

Greifswald. Geographische Gesellschaft. 12. Jahresbericht 1909/10.

Halifax. Nova Scotian Institute of Natural Science. Proceedings and Transactions. Vol. XII, Part. 2.

Halle. Sächs.-Thür. Verein für Erdkunde. Mitteilungen. 34. Jahrgang 1910.

— Kais. Leop.-Karol. Deutsche Akademie der Naturforscher. Anzeiger Heft 46, No. 6—12; Heft 47, No. 1—5.

Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Verhandlungen 1909. 3. Folge XVII. — Abhandlungen aus dem Gebiet der Naturwissenschaften. 19. Band, 3. u. 4. Heft.

Hamilton (Canada). Scientific Association. Proceedings of the Jubilee Celebrations held at the Hamilton Conservatory of Music Nov. 8th 1907. 1857—1907.

Hanau. Wetterauische Gesellschaft für die gesamte Naturkunde. 10. Bericht über den Zeitraum vom 1. Oktober 1903 bis 30. September 1909.

Hannover. Naturhistorische Gesellschaft. 58. u. 59. Jahresbericht über die Geschäftsjahre 1907/08 u. 1908/09.

Heidelberg. Großh. Sternwarte. Jahresbericht 1910.

— Naturhistorisch-medizinischer Verein. Verhandlungen. 10. Band, 4. Heft; 11. Band, 1. u. 2. Heft.

Hermannstadt. Siebenb. Verein für Naturwissenschaften. Verhandlungen und Mitteilungen. 60. Band, Jahrg. 1910.

Innsbruck. Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein. Berichte. 33. Jahrgang 1910.

Karlsruhe. Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie. Jahresbericht für 1909.

— Landesgartenbauverein. Der Gartenfreund. Jahrgang 1910.

Königsberg. Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft. Schriften. 50. Jahrgang 1909.

Lausanne. Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin. Vol. 46, Nr. 169--171; Vol. 47, No. 172.

Lawrence. University of Kansas. Science Bulletin. Vol. V, No. 1—11.

Leipa. Nordböhmischer Exkursionsklub. Mitteilungen. 33. Jahrgang, 2.—4. Heft; 34. Jahrgang, 1. Heft.

Leipzig. Naturforschende Gesellschaft. Sitzungsberichte. 36. Jahrgang 1909.

Lüneburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Jahreshefte 18, 1908—1910.

Luxemburg. Institut Grand ducal; Section des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques. Archives trimestrielles. Nouvelle série, Tome IV, Année 1909, Fasc. 1—4; Tome V, Année 1910, Fasc. 1.

Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen. Band II, Heft I.

Marburg. Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften. Sitzungsberichte, Jahrgang 1910.

Merida. Oficina Central de la Seccion Meteorolójica del Estado de Yucatan. Boletin Mensual Sept. 1907—Jan. 1908, März 1910—Mai 1911.

Mexico. Observatorio Meteorológico-Magnetico Central. Boletin Mensual Dez. 1905—Juni 1906, Mai 1909—März 1910.

— Instituto Geológico de Mexico. Boletin No. 25, Texto e Atlas. — Parergones Tomo III No. 3—7.

Milwaukee. Public Museum. 27the Annual Report. Sept. 1st 1908 to Aug. 31st 1909; desgl. 28th A. R. 1909/1910. — Bulletin Vol. I Art. 1: Catalogue of the ordonata of North America.

Milwaukee. Wisconsin Natural History Society. Bulletin Vol. 7 No. 3—4; Vol. 8 No. 1—4.

Modena. Società dei Naturalisti e Matematici. Atti Serie IV, Vol. 12, Anno 43, 1910.

München. K. B. Akademie der Wissenschaften. Sitzungsberichte der mathem.-physik. Klasse Jahrg. 1909 4.—19. Abhandlung, Jahrgang 1910 1.—15. Abhandlung.

— Ornithologische Gesellschaft. Verhandlungen. Band X.

— Bayer. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Mitteilungen. 2. Band No. 15—18. — Berichte. Band XII 2. Heft.

— K. Hydrotechnisches Bureau. Jahrbuch 1909, Heft II; 1910, Heft I. — Die Schneedecke in Bayern in den drei Wintern 1905/06, 1906/07, 1907/08.

Münster. Westfäl. Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst. 38. Jahresbericht für 1909/10.

Nancy. Société des Sciences. Bulletin des séances, Série III, Tome X, Fasc. IV; Tome XI, Fasc. I.

Neuchatel. Société des Sciences Naturelles. Bulletin. Tome 37, Anné 1909/10.

New York. American Museum of Natural History. Bulletin. Vol. 28, 1910. — 41th Annual Report for the year 1910.

Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft. Abhandlungen. 18. Band I.

Osnabrück. Naturwissenschaftlicher Verein. 17. Jahresbericht für die Jahre 1907, 1908, 1909 u. 1910.

Ottawa. Department of the Interior, Mines Branch. Bull. No. 2: Lindemann. Iron ore deposits of the Bristol Mine, Pontiac County, Que. — Bull. No. 3: Recent advances in the construction of electric furnaces for the production of pig iron, steel and zinc. — Memoir Nr. 2: The geology or ore deposits of Hedley, Mining District, Brit. Col. — Memoir No. 4: Wilson. Geological reconnaissance along the line of the National Transcontinental Railway in western Quebeck. — Memoir No. 6: Geology of the Haliburton and Bancroft Areas Prov. of Ontario. — Memoir No. 7: Dresser. Geology of St. Bruno Mountain. — Memoir No. 10: Goldthwait. An instrumental survey of the shorelines of the extinct lakes

Algonquin and Nipissing in southwestern Ontario. — Memoir No. 11: Chapman. Triangulation and spirit leveling of Vancouver Island 1909. — Summary Report for the calendar year 1909. — Report of analysis of ores, non-metallic minerals fuels etc. made in the chemical laboratories during the years 1906, 1907, 1908. — Annual Report of the Division of mineral resources and statistics on the mineral production of Canada during the calendar year 1909. — Keele. A reconnaissance across the Mackenzie mountains on the Pelly, Ross, and Gravel rivers Yukon and northwest territories. — Chrysotile-asbestos, its concurrence, exploitation, milling and uses. — Wilson. Geology of an area adjoingting the east side of Lake Timiskaming, Quebeck, whit map No. 18 A.

St. Petersburg. Russ. Phykalisch-Chemische Gesellschaft. Journal T. 42, No. 4—9; T. 43, No. 1—4.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 61, Part. I, II.

Pisa. Società Toscana di Scienze naturale. Atti, Processi Verbali. Vol. 19, No. 1—5; Vol. 20, No. 1—3; Atti, Memorie. Vol. 26.

Portici. Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della Scuola Superiore d'Agricoltura. Bolletino. Vol. IV.

Prag. Deutscher Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein Lotos für Böhmen. Lotos. Band 58.

— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse. 1910. — Pračka. Untersuchungen über den Lichtwechsel älterer veränderlicher Sterne. Vol. I.

Regensburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Berichte. 12. Heft für die Jahre 1907—1909.

Roma. R. Accademia dei Lincei. Atti. Rendiconti. Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Vol. 19, 1° sem., No. 11—12; 2° sem., No. 1—12; Vol. 20, 1° sem., No. 1—9. — Atti. Rendiconto dell' adunanza solenne del 5. Giugno 1910, Vol. II.

— R. Comitato Geologico d'Italia. Bolletino, Anno 1910, Fasc. 1—3.

San Paulo. Sociedad Cientifica. Revista. Vol. IV, No. 1—4.

St. Gallen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Jahrbuch für die Vereinsjahre 1908 u. 1909.

St. Louis. Academy of Science. Transactions. Vol. 18, No. 2—6; Vol. 19, No. 1—10.

Stockholm. K. Svenska Vetenskapsakademi. Arkiv för botanik Band 9, Häfte 2—4; Band 10, Häfte 1. — Arkiv för zoologie Band 6, Häfte 3—4; Band 7, Häfte 1.

— Entomologiska Föreningen. Entomologiska Tidskrift. 1910. Årgang 31.

Stuttgart. Verein für Vaterländische Naturkunde. Jahreshefte 66. Jahrgang; mit Beilage: Mitteilungen der geologischen Abteilung des K. W. Statistischen Landesamts. No. 7.

Sydney. Australian Museum. Records. Vol. VIII, No. 1, 2. — Report of the Trustees for the year ended 30. June 1910.

— Royal Society of New South Wales. Journal and Proceedings. Vol. 43, Part. III, IV; Vol. 44, Part. I.

— Australian Association for the Advancement of Science. Report of the 12th meeting held at Brisbane 1909.

Tacubaya. Observatorio Astronómico Nacional. Anuario para el año 1911, Año 31.

Tiflis. Physikalisches Observatorium. Beobachtungen im Jahre 1899; desgl. 1900—1904.

Tokio. Zoological Society. Annotationes zoologicae japoneses. Vol. VII, Part. IV.

Trondhjem. K. Norske Videnskabs Selskab. Skrifter 1909.

Upsala. Universität. Bref och skrifvelser af och till C. von Linné. Första Afdelingen. Del. IV, V. — Till Kung. Vettenskaps Societeten i Upsala vid dess 200 Årsjubileum of Upsala Universitet den 19. November 1910.

— Geological Institution of University. Bulletin 1908—1909 Vol. IX No. 17—18; 1910—1911 Vol. X No. 19—20. — Index to Bulletin of the G. J. Vol. I—X (1893—1910), with an appendix containing list of exchanges.

Washington. Smithsonian Institution. Annual Report for the year ending June 30, 1907; desgl. 1909.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1908.

Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1910 No. 2--18, 1911, No. 1--2. — Jahrbuch 1910, 60. Band 1.—3. Heft.

— K. Akademie der Wissenschaften. Anzeiger Jahrgang 1910, No. 13--20, 23, 25—27; Jahrg. 1911, No. 1—12.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen 23. Band, No. 3—4; 24. Band No. 1—2.

Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde. Jahrbücher, Jahrgang 63.

Würzburg. Physikalisch - Medizinische Gesellschaft. Sitzungsberichte 1909, No. 1—5; 1910, No. 1—5.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift. 55. Jahrgang 1910, 1. u. 2. Heft.

Zwickau. Verein für Naturkunde. 36.—39. Jahresbericht, 45.—48. Vereinsjahr 1906—1909.

B. Vom Verfasser:

Javet, Ch. Sur la morphologie de l'insecte. Limoges.

— Note sur la philogénèse de l'insecte. Rennes 1909.

— Sur l'ontogénèse de l'insecte. Limoges 1909.

— Sur la morphologie des membranes basales de l'insecte. Beauvais 1909.

— Sur la parthénogénèse arrhénotoque de la fourmi ouvrière. Beauvais 1909.

— Sur un nématode que se développe dans la tête la formica fusca. Beauvais 1909.

Vorstand

(1910/11)

Der Vorstand hat im Vereinsjahr 1910/11 bestanden aus den Herren:

1. Geh. Hofrat Prof. Dr. Lehmann, als Vorsitzendem.
2. Geh. Hofrat Prof. Dr. Bunte, als Stellvertreter des Vorsitzenden und Rechner.

3. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer, Redakteur und Bibliothekar.
4. Hofrat Dr. Doll.
5. Geh. Hofrat Dr. Haid.
6. Geh. Hofrat Treutlein.

In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 30. Juni 1911 ist Herr Augenarzt Dr. Spuler als weiteres Vorstandsmitglied gewählt worden.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein die Herren O. Bartning, der volle 22 Jahre das Amt des Rechners verwaltet hatte, Direktor a. D. Goffin, Privatdozent Dr. Hennings, Finanzminister Exzellenz Honsell, der vom Jahr 1885 an dem Vorstand angehört hatte, Apotheker Stein in Durlach, der sich durch seine Mitarbeit an dem Betrieb der Erdbebenstation in Durlach besonders verdient gemacht hatte, Rektor Vogt und Prof. a. D. Weiler verloren.

Ausgetreten sind, meist infolge von Wegzug, die Herren Diplomingenieur Beger, Lehramtspraktikant Dr. Burck, Finanzassessor Eisenlohr, Lehramtspraktikant Emmerich, Prof. Kappler, Buchhändler Kleinlein, Major a. D. Marschalck, Postrat v. Nordheim, Dr. Öttinger, cand. chem. Ruzicka, Ministerialrat Stoll, Diplomingenieur Strelin, Privatdozent Dr. Winkelmann, Prof. Dr. Wöhler.

Neu eingetreten sind die Herren: Chemiker Dr. Acker, Geh. Hofrat Dr. Dreßler. Oberst a. D. von Fiebig, Privatdozent Dr. G. Fuchs, Apotheker Ganzloser, Privatdozent Dr. Hallo, Privatdozent Dr. Henglein, Graf Konst. von Hennin, prakt. Arzt Dr. Huber, Bauinspektor Kohler, Lehramtspraktikant Leier, Maschineninspektor Leis, Reallehrer Dr. Merkel, Oberveterinär Meyer, Privatdozent Dr. Mohrmann, Prof. Nopper, Rittmeister von Racknitz, Prof. Dr. Roller, Vorsteher des Pädagogiums Schmidt, Diplomingenieur Schumann und Prof. Dr. Staus.

Am Schluß des Vereinsjahrs hat der Verein 269 Mitglieder gezählt.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 30. Juni 1911).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler (1910).

B. Ehrenmitglied.

Geheimerat Dr. E. Wagner (1908).

C. Korrespondierendes Mitglied.

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder*.

Acker, Dr., Chemiker (1910).
Alberti, Dr., Augenarzt (1902).
Ammon, Dr. Otto, Schriftsteller (1883).
Arnold, Prof. Dr. Em., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).
Arnold, Eng., Geh. Hofrat, Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1895).
Asal, Ph., Prof. an der Oberrealschule (1909).
Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).
Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).
Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).
Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).
Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).
Bartning, Dr. Hans, Regierungsrat (1908).
Bartning, Dr. Herm., Amtsrichter in Pforzheim (1904).
Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).
Baumann, Dr., Badearzt in Baden-Baden (1906).
Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).
Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Benckiser, Dr. W., Landgerichtsrat (1899).
Benoit, G., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Berberich, Dr. A., prakt. Arzt (1897).
Beutler, J., Regierungsbaumeister in Lauda (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand der Fabrikinspektion (1906).
Bodman, H., Freiherr von, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Böhm, Dr. F., Exzellenz, Minister des Kultus und des Unterrichtes (1899).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr. (1907).
Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Brodmann, Dr. K., Oberbliothekar der Techn. Hochschule (1908)
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Bürgin, J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Meßkirch (1903).
Bußler, E., Oberst a. D. (1908).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Cramer, H., Professor am Realgymnasium (1903).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Dietzel, Dr. Adolf, in Pforzheim (1908).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletscheck, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr J., Professor an der Realschule (1895).
Dreßler, Dr., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1910).
Dünckel, W., Chemiker (1909).
Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).

Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eitel, Dr. K. H., Apotheker und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Vorstand der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901)
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Engler, Dr. K., Geheimerat, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Forstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fels, Forstrat (1908).
Fiebig, Rich. von, Oberst z. D. (1910).
Fikentscher, Tiermaler in Grötzingen (1904).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Förderer, W., Zahnarzt (1905).
Frankenstein, Dr. W., Chemiker (1901).
Freydorf, Rud. von, Hauptmann (1908).
Fuchs, Dr. Gilbert, Privadozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1910).
Fuchs, Dr. Rud., Baurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Ganzloser, Emil, Apotheker (1910).
Gau, E., Bankprokurist (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg., Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur in Frankfurt (1899).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenkorps (1897).
Grashof, R., Professor am Gymnasium (1895).
Graßmann, R., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., prakt. Arzt (1894).
Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).

Haber, Dr. F., Professor der physikalischen Chemie an der Techn. Hochschule (1896).

Hafner, Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).

Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).

Hallo, Dr. H. S., Privadozent für Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1911).

Hammer, Dr. Bernh, Oberstabsarzt (1908).

Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).

Hart, J., Geheimerat, Professor des Maschinenbaues an der Techn. Hochschule (1870).

Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).

Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).

Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).

Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).

Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).

Hellpach, Prof. Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).

Hemberger, H., Oberbauinspektor in Baden (1904).

Henglein, Dr. Mart., Privatdozent für Mineralogie a. d. Techn. Hochschule (1910).

Hennin, Graf Constant. von, Hauptmann und Kammerherr (1911).

Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).

Herzog, Dr. O., a. o. Professor für physiologische Chemie an der Techn. Hochschule (1907).

Heß, Wirkl. Geh. Oberpostrat und Oberpostdirektor a. D. (1901)

Hildebrandt, M., Geh. Oberfinanzrat (1881).

Hoffacker, K., Direktor der Kunstgewerbeschule (1905).

Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).

Hoffmann, K., Major a. D. (1897).

Holderer, Dr. J., Oberamtmann in Kehl (1905).

Holzmann, A., Regierungsrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1893).

Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899)

Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).

Huber, Dr. Ernst, prakt. Arzt (1910).

Hutt, J., Zahnarzt (1904).

Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).
Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).
Joos, Oberingenieur, Großh. Maschineninspektor (1904).
Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).
Just, Dr. Gerh., Privatdozent für phys. Chemie an der Techn. Hochschule (1903).
Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).
Kalkhof, Bernh., Geh. Baurat (1908).
Karle, M., Professor am Gymnasium (1897).
Kast, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1883).
Katz, Dr., Augenarzt (1905).
Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).
Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Knauer, Leonh., Oberreallehrer (1902).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).
Kohler, Eug., Bauinspektor (1910).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
Kors, A. van der, Bankdirektor (1890).
Krack, Oberveterinär (1910).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Krieger, Dr. M., prakt. Arzt in Königsbach (1904).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lay, Dr. Aug., Seminarlehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leier, Friedr., Lehramtspraktikant (1911).
Leis, Maschineninspektor (1910).

Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).
Mandelbaum, A., Ingenieur (1906).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
May, Dr. W., a. o. Professor für Zoologie an der Techn. Hochschule (1899).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Mayerhöffer, Ed., Geh. Oberforstrat (1908).
Meeß, Ad., Privatmann und Stadtrat (1899).
Merkel, Dr. E., Reallehrer (1911).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908)
Meyer, Rud., Oberveterinär (1911).
Millas, K. de, Ingenieur (1893).
Mohrmann, Dr., Privadozent für Mathematik an der Techn. Hochschule (1911).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1906).
Müller, Dr. L., Medizinalrat, prakt. Arzt (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Baurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).
Nesselhauf, R., Bauinspektor in Rastatt (1906).
Netz, F., prakt. Arzt (1893).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nopper, Herm., Professor am Mädchengymnasium (1910).
Nüßlin, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Zoologie an der Techn. Hochschule (1878).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oehmichen, H., Fabrikant (1904).
Ompteda, Lud., Freiherr von, Generalmajor (1909).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).

Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Pahlen, Baron Arend von der, Diplomingenieur (1908).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).
Paulcke, W., Professor für Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).
Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).
Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).
Peter, W., Architekt (1903).
Pezoldt, O., Buchhändler (1903).
Pfützner, H., Geh. Hofrat, Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).
Pleger, H., Oberleutnant (1908).
Racknitz, Freiherr von, Rittmeister (1910).
Rebmann, E., Geh. Hofrat, Direktor des Realgymnasiums (1902).
Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).
Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).
Reinach, M. Geh. Finanzrat (1907).
Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).
Renz, Aug., Kaufmann in Durlach (1908).
Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).
Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).
Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).
Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1876).
Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).
Röder von Diersburg, Freiherr, Oberst z. D. und Kammerherr (1901).
Roller, Prof. Dr., wiss. Hilfsarbeiter am Münzkabinet (1911).
Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).
Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).
Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).
Rothacker, H., Prof. am Gymnasium (1908).
Rupp, G., Professor, Vorstand der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).
Sachs, W., Kaufmann (1904).
Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).
Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).

Scheele, Apotheker (1908).
Schellenberg, R., Geh. Finanzrat, Ministerialdirektor im Finanzministerium (1899).
Scheurer, K, Hofmechaniker und Optiker (1877).
Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).
Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).
Schmidle, W., Direktor der Oberrealschule in Konstanz (1908).
Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).
Schmidt, W., Vorsteher des Pädagogiums (1910).
Schoch, C. Fr., Apotheker (1907).
Scholtz, K., Oberstabsveterinär (1905).
Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).
Schumann, W., Diplomingenieur (1910).
Schuster, Fr., Oberstleutnant a. D. (1905).
Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).
Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der Techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).
Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).
Sieveking, Dr. H., a. o. Professor für Physik an der Techn. Hochschule (1902).
Skita, Dr. A., a. o. Professor für Chemie an der Techn. Hochschule (1905).
Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).
Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).
Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).
Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).
Staudinger, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1907).
Stauß, Professor Dr. Ant., Betriebsl. Ingenieur an der Techn. Hochschule (1910).
Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Steinkopf, Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).
Sternberg, Dr. H., prakt. Arzt (1897).

—

Steude, Dr. M., Chemiker und Redakteur (1896).
Stöbe, Lehramtspraktikant (1909).
Stoll, Dr. Herm., Oberförster in Todtnau (1902).
Ströbe, Dr. F., Hofapotheker (1905).
Stutz, Ludw., Großh. Vermessungsinspektor (1905).
Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).
Thilo, Fr., Forstrat (1908).
Thürach, Dr. H., Bergrat, Landesgeolog in Freiburg (1908).
Tolle, M., Hofrat, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).
Treutlein, P., Geh. Hofrat, Direktor der Goetheschule (1875).
Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).
Türk, W., Dipl. Ing. in Heidelberg (1909).
Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).
Vogt, Dr. W., Privatdozent für darstell. Geometrie an der Techn. Hochschule (1908).
Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892).
Wagner, Dr. E., Geheimerat, Konservator der Altertümer (1864).
Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).
Wagner, Leop., Prokurist (1899).
Wallenberg, A. von, Generalmajor z. D. (1903).
Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).
Wilser, Dr. L., in Heidelberg (1881).
Wimmer, Dr. Em., Forstamtmann, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1904).
Wohnlich, Dr. Em., Assistent a. d. Lebensmittelprüfungsstation (1909).
Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).
Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).
Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).
Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Satzungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins zu Karlsruhe

nach dem Beschluß der Mitglieder-Hauptversammlung
am 1. Juni 1900.

I. Name, Sitz und Zweck des Vereins.

§ 1.

Der Verein führt den Namen »Naturwissenschaftlicher Verein zu Karlsruhe« und ist in das Vereinsregister eingetragen.

Der Sitz des Vereines ist Karlsruhe.

Durch Eintragung in das Vereinsregister des Amtsgerichtes Karlsruhe hat der Verein die Rechtsfähigkeit erlangt.

Der Verein hat den Zweck, das Interesse für das Studium der Naturwissenschaften mit Einschluß der Medizin und mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse des badischen Landes zu wecken und zu fördern, indem er Gelegenheit bietet, die Resultate eigener oder fremder Arbeiten über Gegenstände aus diesem Gebiet öffentlich mitzuteilen und Besprechung derselben zu veranlassen.

§ 2.

Der Verein hält mit Vorträgen verbundene Sitzungen und veröffentlicht nach Maßgabe des vorhandenen Materials die Sitzungsberichte nebst den von den Verfassern ihm überlassenen Abhandlungen in seiner Zeitschrift.

Die Sitzungsberichte werden jeweils vor den folgenden Sitzungen auch durch öffentliche Blätter mitgeteilt.

II. Mitgliedschaft.

§ 3.

Mitglieder können alle gebildeten und selbständigen Personen werden, welche sich für den Vereinszweck interessieren.

Die Aufnahme erfolgt nach Anmeldung beim Vorstand des Vereins durch Mehrheitsbeschluß.

Der Austritt ist dem Vorstand schriftlich anzuzeigen.

§ 4.

Durch Ernennung von Ehrenmitgliedern kann der Verein solchen Männern seine Anerkennung bezeugen, welche sich durch hervorragende Leistungen um die Wissenschaft verdient gemacht oder die Zwecke des Vereins tätig gefördert haben.

Der Antrag auf solche Ernennung, welcher von wenigstens 3 Mitgliedern ausgehen muß, ist dem Vorstand mitzuteilen und von diesem spätestens in der zweitfolgenden Sitzung bekannt zu machen. Die Abstimmung darüber findet in der hierauf folgenden Sitzung statt, wobei eine Mehrheit von $^2/_3$ der anwesenden Mitglieder zur Annahme des Antrages erfordert wird.

III. Vorstand.

§ 5.

An der Spitze des Vereines steht ein Vorstand, bestehend aus einem Vorsitzenden, einem stellvertretenden Vorsitzenden, zwei Schriftführern, einem Kassier und zwei weiteren Mitgliedern.

Ein Vorstandsmitglied übernimmt das Amt des Bibliothekars. Derselbe sorgt insbesondere für die Erhaltung und geordnete Aufbewahrung der Publikationen anderer Vereine, mit welchen der Naturwissenschaftliche Verein zu Karlsruhe im Schriftenaustausch steht, und für die leichte Benutzbarkeit derselben seitens der Vereinsmitglieder.

Der Vorsitzende des Vereines und bei seiner Verhinderung dessen Stellvertreter vertritt allein den Verein nach außen in allen gerichtlichen und außergerichtlichen Angelegenheiten.

§ 6.

Die Vorstandsmitglieder werden aus den in Karlsruhe wohnenden Vereinsmitgliedern von der Mitglieder-Hauptversammlung alle zwei Jahre durch Stimmenmehrheit gewählt.

Die Bestellung eines Vorstandsmitgliedes ist nur aus wichtigen Gründen widerruflich. Über den Widerruf entscheidet die Mitglieder-Hauptversammlung.

§ 7.

Der Beratung des Vorstandes unterliegen alle Gegenstände von allgemeinem Vereinsinteresse, insbesondere die Verwendung der Geldbeiträge der Mitglieder und etwaiger sonstiger Einnahmen, die Aufstellung des jährlichen Voranschlages, der Inhalt der auszugebenden Hefte der Zeitschrift, überhaupt die literarische Tätigkeit des Vereins, sowie die Erwerbung literarischer und sonstiger die Vereinszwecke fördernder Hilfsmittel.

Zur Beschlußfassung über diese Angelegenheiten ist der Vorstand insoweit berechtigt, als nicht die Satzungen anderweitige Bestimmung treffen.

§ 8.

Der Vorsitzende oder in Verhinderungsfällen sein Stellvertreter präsidiert bei den Beratungen des Vorstandes und bei den Vereinssitzungen. Er sorgt für die Vollziehung der Beschlüsse und unterzeichnet alle dahin einschlagenden Ausfertigungen, sowie die Anweisungen auf die Kasse.

§ 9.

Die Schriftführer führen in den Sitzungen des Vorstandes und des Vereins das Protokoll, fertigen die Beschlüsse aus und legen sie dem Vorsitzenden zur Unterschrift vor. Sie besorgen die Korrespondenz mit auswärtigen Mitgliedern und Vereinen sowie die Redaktion der Zeitschrift.

§ 10.

Der Kassier verwaltet das Vereinsvermögen, übernimmt die Erhebung der Mitgliederbeiträge und sonstiger Einnahmen und leistet die Zahlungen auf Anweisung des Vorsitzenden.

Mit Ablauf eines Vereinsjahres stellt er die Rechnung, welche mit den Belegen der Prüfung der übrigen Vorstandsmitglieder unterliegt.

Der Vorstand ist verpflichtet, jährlich einmal einen Kassen- und Vermögenssturz beim Kassier vorzunehmen.

IV. Rechte und Pflichten der Mitglieder.

§ 11.

Die Mitglieder haben das Recht, den Versammlungen des Vereins beizuwohnen, und erhalten die Veröffentlichungen des Vereins ohne besondere Vergütung.

§ 12.

Der jährliche Beitrag beträgt 5 Mark[1]. Er wird im letzten Quartal eines Vereinsjahres erhoben und ist auch für das Jahr des Ein- oder Austrittes zu entrichten.

§ 13.

Die Verfasser von Abhandlungen, welche in die Hefte der Zeitschrift aufgenommen wurden, erhalten 100 Sonderabzüge derselben gratis. Weitere Bewilligungen erfordern Beschluß des Vorstandes.

V. Versammlung.

§ 14.

Die Sitzungen des Vereins finden in der Regel alle zwei Wochen an einem vom Verein festgesetzten Wochentag abends statt mit Ausnahme der Ferienzeiten an den höheren Lehranstalten in Karlsruhe.

§ 15.

Die Sitzungen werden den Mitgliedern auf direktem Weg mit Angabe der Tagesordnung, insoweit dieselbe festgestellt ist, rechtzeitig angezeigt. Sie finden in einem reservierten Saal eines Wirtslokales statt, sofern nicht durch größere Hilfsmittel erfordernde Demonstrationen die Verlegung in ein anderes Lokal geboten erscheint.

---

[1] In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 13. Mai 1904 auf 6 Mark erhöht.

§ 16.

Dem Vorsitzenden, welcher die Sitzungen eröffnet und schließt und die Verhandlungen leitet, sind der Regel nach die zu haltenden Vorträge und zu machenden Mitteilungen und zwar möglichst frühzeitig anzumelden. Nach Erledigung der darnach festgestellten Tagesordnung wird zu kleineren Mitteilungen, aufzuwerfenden Fragen usw. das Wort erteilt.

In allen Fällen wird ein möglichst eingehender Meinungsaustausch angestrebt.

§ 17.

Der Beschlußfassung, bezw. in dringenden Fällen der nachträglichen Gutheißung durch eine Versammlung, unterliegen alle Anordnungen, welche die Rechte und Verbindlichkeiten des Vereins betreffen, sowie außergewöhnliche, d. h. solche Ausgaben, welche nicht, wie Lokalmiete, Ausgaben, für die Zeitschrift, Anzeigegebühren, Porto usw., periodisch wiederkehrend, durch den genehmigten Kostenanschlag vorgesehen oder überhaupt durch den Vereinszweck notwendig bedingt sind.

§ 18.

Zu Ende jedes Vereinsjahrs, in der Regel als letzte Sitzung desselben, findet eine Mitglieder-Hauptversammlung statt. In derselben wird von einem der Schriftführer über die Wirksamkeit und die Personaländerungen des Vereins Bericht erstattet, vom Kassier gemäß vorheriger Prüfung durch den Vorstand (§ 10) die Rechnung über das ablaufende und der Voranschlag für das folgende Vereinsjahr vorgelegt.

In jeder zweiten regelmäßigen Mitglieder-Hauptversammlung findet gemäß § 6 die Neuwahl des Vorstandes statt.

§ 19.

Die Mitglieder-Hauptversammlungen sind vorzugsweise der Prüfung von Einrichtungen und Gewohnheiten des Vereins gewidmet, und zwar auf Anregung nicht nur des Vorstandes, sondern auch jedes einzelnen Mitgliedes.

Abänderungen der Satzungen können nur in einer Mitglieder-Hauptversammlung durch absolute Stimmenmehrheit der anwesenden Vereinsmitglieder beschlossen werden. Die darauf abzielenden

Anträge müssen vorher dem Vorstand mitgeteilt und von diesem zur Kenntnis der Mitglieder gebracht worden sein.

§ 20.

Außerordentliche Mitglieder-Hauptversammlungen sind vom Vorsitzenden auf Beschluß des Vorstandes oder auf den schriftlich motivierten Antrag von 10 Mitgliedern zu berufen.

§ 21.

Ein Antrag auf Auflösung des Vereins erfordert nach Vorberatung in einer Mitglieder-Hauptversammlung schriftliche Abstimmung und zur Annahme die zustimmende Mehrheit von $^3/_4$ aller Vereinsmitglieder.

VI. Allgemeine Bestimmungen.

§ 22.

Das Vereinsjahr beginnt jeweils mit dem 9. April als dem Stiftungstag des Vereins.

§ 23.

Insoweit das Vermögen des Naturwissenschaftlichen Vereins von einer Schenkung des früheren Vereins für wissenschaftliche Belehrung herrührt, ist es gemäß den Bestimmungen der Schenkungsurkunde im Grundstocke von 3962 M. 78 Pf. (2313 fl. 7 kr.) unantastbar.

§ 24.

Sollte der Verein aufgelöst oder in ferner liegende Zwecke übergeführt werden, so bleibt das Vermögen zinstragend deponiert, bis ein gleicher oder ähnlicher Verein wieder entsteht. Die näheren Bestimmungen darüber trifft die letzte Mitglieder-Hauptversammlung.

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

718. Sitzung am 15. Juli 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr W. Schmidt, Vorsteher des Pädagogiums.

Die Sitzung begann mit einer allseitig freudig begrüßten Ehrung des Herrn Geh. Rat Engler, welcher 14 Jahre hindurch den Verein geleitet und ihn zu nie dagewesener Blüte gebracht hat. In Anerkennung seiner großen Verdienste und als Zeichen herzlichen Dankes hat der Vereinsvorstand einstimmig beschlossen, Herrn Engler zum „Ehrenvorsitzenden" vorzuschlagen.

Nachdem die Versammlung durch Erheben von den Sitzen ihre Zustimmung zu diesem Vorschlag und der dargelegten Begründung mit besonderem sonst nicht üblichen Nachdruck kundgegeben hatte, richtete der gegenwärtige Vorsitzende Herr Geh. Hofrat Lehmann unter Betonung der Freude, Herrn Geh. Rat Engler nunmehr als „Ehrenvorsitzenden" ansprechen zu dürfen, an diesen die Bitte, wenigstens in außergewöhnlichen und schwierigen Fällen wie bisher dem Verein mit seinem wertvollen Rat und seiner Erfahrung Beistand leisten zu wollen.

Geh. Rat Engler sprach in warmen Worten seinen Dank für diese hohe Ehrung aus mit der Versicherung, dem Verein auch fernerhin so viel in seinen Kräften stehe, dienlich zu sein, zugleich aber auch mit dem Ausdruck der Überzeugung, daß derselbe unter der Führung des neugewählten Vorsitzenden, des Herrn Geh. Hofrat Lehmann, einer gedeihlichen Entwicklung entgegengehe. Darauf gedachte er des verstorbenen Vereinsmitgliedes Finanzminister Max Honsell, der in früheren Jahren

sich ebensowohl durch Vorträge aus seinem Wissensgebiete der Hydrographie und des Wasserbaues, als auch als langjähriges Vorstandsmitglied bis zu der Zeit, da er von schwerer Krankheit ergriffen wurde, um die Entwicklung des Vereins ganz besonders bei Übernahme neuer Aufgaben große und bleibende Verdienste erworben hat. An den Ufern des Bodensees geboren, war sein Blick in jungen Jahren auf dessen weite Flächen und auf das Spiel seiner Wellen gerichtet, und er hat es später, bei einer außergewöhnlichen Gabe der Naturbeobachtung, in seltenem Grade verstanden, die natürlichen Wasserläufe in ihren Beziehungen zur Meteorologie, Geologie und Topographie klarzustellen und sie mit Hilfe der Ingenieurkunst in ihr Bett zu dämmen, aber auch ihre Triebkraft und Tragkraft für Industrie und Schiffahrt, ihre netzende Wirkung für die Landwirtschaft zu verwerten. Später zu einer höheren Aufgabe, der Staatsverwaltung, berufen, hat er auch da zielbewußt mit sicherer und starker Hand eingegriffen und war in voller Arbeit, den über die Ufer getretenen Strom der badischen Finanzwirtschaft wieder in geordnete Bahnen zu lenken, als ihn der Tod ereilte, ein kaum zu ersetzender Verlust für unser engeres Heimatland in ernster Zeit. Zu seinem ehrenden Andenken erhoben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Hierauf hielt Professor Dr. Paulcke einen Vortrag „über neue geologische Forschungen in den Alpen", die Ergebnisse seiner eigenen langjährigen Forschungsarbeit im Gebiete des sogenannten Unterengadiner Fensters, welches zwischen Oetztaler Alpen, Ferval und Silvrettagruppe eingeschlossen wird. Gegenüber älteren abweichenden Meinungen ist es dem Vortragenden gelungen, außer Trias und Juragesteinen (mit reichlichen Fossilfunden) vor allem auch Kreide und Tertiär durch Leitfossilfunde sicher zu stellen. Die in dieser Alpengegend überaus komplizierten Lagerungsverhältnisse fügen sich jetzt zwanglos in den Rahmen der sogenannten Deckentheorie ein, welche Überschichtungen mehrerer Decken annimmt und zwar Faltenüberschichtungen von ungeheuerem Ausmaß. Vier solcher übereinanderliegenden Decken konnte der Vortragende im Antirhätikon nachweisen, von denen die oberste, die sogenannte ostalpine Decke (Silvretta, Oetztaler Alpen, Ferwall) besonders deutlich auch für den Laien ins Auge fällt. Sie besteht vorwie-

gend aus Gneisen, auf denen die Trias der nördlichen Kalkalpen ruht, und unter denen, stark ausgequetscht durch den Überschiebungsvorgang, ebenfalls Trias liegt. Der Gesamtkomplex dieser Decke ruht überschoben auf jüngsten (tertiären usw.) Schiefern tieferer Decken.

Besonders schön läßt sich die Überschiebung im Gebiet des Fluchthorns nachweisen, welches selbst durchaus „wurzellos" auf diesen jüngsten Bildungen „schwimmt". Bis weit gegen das Jamtal reichen diese jungen Schiefer unter die Silvretta hinunter und erst bei Klosters im Prätigau kommen sie wieder unter diesem mächtigen Gebirgsstock hervor. Die Gneisdecke des Oetztales, des Ferwall und der Silvretta war einst eine zusammenhängende Gneismasse, in welche in der Unterengadiner Gegend erosive Vorgänge so starke Abtragungen schufen, daß man jetzt, wie durch ein Fenster auf die tiefer liegenden jüngeren Massen, über welche die ostalpine Decke geschoben wurde, hinabsehen kann.

Auf die Erosionsphase, nach der Überfaltung, folgte dann noch eine neue Faltungsepoche, welche den Bau des Gebirgs in vielen Einzelheiten stark komplizierte. Am Schlusse berichtete der Vortragende noch über eine wichtige geologische Entdeckung in den sogenannten „Zwischenbildungen" bei Innertkirchen in der Schweiz. Hier gelang es ihm gelegentlich einer kürzlich unternommenen geologischen Exkursion mit Studierenden der Technischen Hochschule mit Hilfe der Exkursionsteilnehmer zum ersten Mal in bisher allgemein in der ganzen Schweiz als versteinerungsleer geltenden Schichten eine Serie von Versteinerungen zu finden, welche triadisches Alter für diese Schichten sicher stellten, während man bisher nicht sicher war, ob Trias oder Perm vorläge. Die Fossilen deuten darauf hin, daß hier Muschelkalk vorliegt, welcher die engsten Beziehungen zum Muschelkalk Deutschlands aufweist.

Nach Beendigung des mit Vorführung zahlreicher Lichtbilder begleiteten, mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Vortrags legte Herr Geh. Hofrat H a i d noch einige Aufzeichnungen der Erdbebenwarte in Durlach vor, aus welchen hervorgeht, daß bei Erdbeben deutliche, wenn auch geringe b l e i b e n d e Änderungen der Neigung des Bodens in der Rheinebene entstehen, welche auf Verschiebungen in der Erdkruste beruhen dürften.

719. Sitzung am 21. Oktober 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 33 Mitglieder und 2 Gäste. Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Privatdozenten Dr. G. Fuchs und Dr. Henglein; Rittmeister v. Racknitz.

Der Vorsitzende, Herr Geh. Hofrat Lehmann, teilte mit, daß der Verein dem Großherzogspaar zur Feier seiner silbernen Hochzeit eine Festschrift, die Arbeiten der Herren Honsell, Haber, Paulcke, Lehmann, Welter, Schwarzmann und Wilser enthalte, gewidmet habe; die Festschrift werde auch im 23. Band der Vereinsverhandlungen erscheinen. Um den Mitgliedern einen Überblick über alle neuen Forschungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaften zu ermöglichen, sollen künftig jeweils auf Veranlassung des Vorsitzenden kleinere Referate über die in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften enthaltenen wichtigeren Arbeiten gegeben werden.

Herr Prof. Dr. May hielt darauf einen Vortrag über die kanarische Insel La Palma, die er im März 1908 besuchte. La Palma ist von birnförmiger Gestalt, 46 km lang, 27 km breit und erhebt sich in dem Roque de los muchachos 2400 m über dem Meeresspiegel. Ihr breiterer nördlicher Teil umschließt das tiefste vulkanische Kesseltal der Erde, die Caldera de Taburiente, die der Insel ihre touristische und geologische Berühmtheit verschafft hat. Die Bewohner La Palmas, deren Zahl gegen 42 000 beträgt, verteilen sich auf zwei Städte und etwa 70 Dörfer und sind ein ziemlich gewerbfleißiges Völkchen. Besonders blüht die Tabak- und Zigarrenindustrie, ferner werden Seide und Flachs gebaut und wie die einheimische Schafwolle im Land selbst verarbeitet. Aus dem Holz der Maulbeerbäume werden kleine Fäßchen verfertigt, in denen die Palmenser Wasser oder Wein auf ihren Reisen mitnehmen. Dazu kommen hübsche Knüpfarbeiten aus Leinengarn und Flechtarbeiten aus Stroh und Gräsern. Charakteristische Trachten findet man nur noch in den abgelegenen Teilen der Insel.

Die Hauptstadt La Palmas, Sa Cruz, zählt etwa 7000 Einwohner. Ihre Straßen sind eng und mit von der Brandung abgerundeten Rollsteinen gepflastert. Gebäude von besonderem architektonischem Werte finden wir nicht, etwa von dem Rathaus mit seiner reich verzierten Bogenfassade aus dem 16. Jahrhundert abgesehen. Neben der Hauptkirche steht ein kleines naturhisto-

risches Museum, und in der Mitte der Stadt erhebt sich ein kreisförmiges Gebäude, in dem Hahnenkämpfe abgehalten werden. Am nördlichen Ende der Stadt steht ein großes steinernes Schiff, das alle fünf Jahre bei einer großen religiösen Festlichkeit aufgetakelt wird.

Sa Cruz liegt in einer muldenförmigen Einsenkung zwischen hohen Bergen, die durch ungleichmäßige vulkanische Aufschüttung entstanden ist. Südlich davon befinden sich die Reste eines alten Tuffkraters, von dem nur die westliche Umwallung stehen geblieben ist, während die östliche durch die Einwirkung der Brandung und der Niederschläge zerstört wurde. In diesem Krater führt eine Landstraße in Schlangenwindungen aufwärts bis Buenavista, von wo sie längs der Ostküste über Mazo bis zu dem südlichsten Orte Fuencaliente verläuft, um dort umzubiegen und sich längs der Westküste nach Norden bis Las Manchas zu erstrecken, wo sie vorläufig endet. Etwa bis Mazo ist die Straße mit Eukalyptusbäumen bepflanzt, dann wird die Gegend ziemlich kahl, und man überschaut ein weites, nach dem Meere zu sanft abgedachtes Gelände, das hauptsächlich mit Wolfsmilchbäumchen bewachsen ist. Vier Stunden südlich von Mazo passiert die Straße einen ungeheuren nackten Lavastrom jüngeren Ursprungs, dessen Oberfläche einer im Sturme erstarrten See gleicht. Noch weiter südlich ist die Lava mit prachtvollem Kiefernwald bedeckt. Die kanarische Kiefer ist eine besondere Spezies, die nur auf den Kanaren vorkommt und ihre nächsten Verwandten in Nordamerika und Mexiko besitzt. Sie gehört zu den zahlreichen tertiären Relikten der kanarischen Inseln und wurde wahrscheinlich aus dem pliocänen Walde Südeuropas nach den Kanaren gebracht. Als Vermittler der Verbreitung sind zwei Standvögel des kanarischen Kiefernwaldes anzusprechen, der große Buntspecht und der Teydefink.

Nach Durchwanderung des Kiefernwaldes erreicht man Fuencaliente, das seinen Namen von einer heißen Quelle erhalten hat, die hier früher existierte, bei den vulkanischen Ausbrüchen 1677/78 aber vollständig verschüttet wurde. Gleichzeitig wurde in der Nähe der Südspitze ein kleiner, etwa 700 m hoher Vulkan aufgeworfen, der jetzt noch in seiner ursprünglichen Gestalt vorhanden ist und einen gegen 100 m tiefen Krater mit spärlicher Vegetation besitzt. Von Fuencaliente führt die Straße nordwärts

zunächst durch schönen Kiefernwald und dann über neuere kahle Lavaströme, die höchstens mit grauen Strauchflechten bewachsen sind, nach Las Manchas, von wo ein steiniger Maultierpfad nach Los Ljanos, dem Hauptort des Ariadnetales, verläuft.

Los Ljanos bildet den Ausgangspunkt für den Besuch der Caldera. Dieses gewaltige Kesseltal wird von einem Bergkranz eingeschlossen, der sich rund 2000 m über den Meeresspiegel erhebt und auf drei Seiten, im Norden, Osten und Westen vollständig geschlossen ist, während er im Süden zwei Unterbrechungen zeigt: einen Einschnitt von 1300 m Meereshöhe, die sog. Cumbrecita, und die Mündung einer gewaltigen Schlucht, des Barranco de las Angustias. Dies sind die beiden einzigen Stellen, an denen die Caldera zugänglich ist. In den Wänden des Kessels sind zwei Formationen von verschiedener petrographischer Beschaffenheit und verschiedenem geologischem Alter entblößt, deren Gesteine zuerst von Reiß beschrieben wurden, dessen Resultate neuerdings Gagel in allen wesentlichen Punkten bestätigte. Die untere Formation, das sog. Grundgebirge besteht hauptsächlich aus Diabasen und ist viel älter als die aus trachydolerischen Tuff- und Schlackenmassen zusammengesetzte obere Formation, das sog. Deckgebirge. An zwei weit auseinanderliegenden Perioden haben hier an demselben Orte heftige vulkanische Eruptionen stattgefunden, und die Gesteine der beiden Perioden stammen nach Gagels Untersuchungen aus demselben ursprünglichen Magma.

Über die Entstehung der Caldera sind im Laufe der Zeit sehr verschiedene Theorien von den Geologen aufgestellt worden. Leopold v. Buch betrachtete sie als den Typus eines Erhebungskraters, eine Auffassung, die sich nicht zu behaupten vermochte. Lyell nahm an, daß die Caldera ursprünglich den Krater eines vulkanischen Kegels bildete, der durch Einsturz und marine Erosion erweitert wurde. Nach Reiß stellte das Calderagebirge keinen Kegel, sondern einen Dom dar, in dessen plateauartigen Rücken die Caldera durch fluviatile Erosion eingewaschen wurde. Diese Theorie ist durch spätere Forschungen, besonders auch durch die neuesten Gagels bestätigt worden, und man betrachtet jetzt die Caldera als ein ungeheueres Erosionstal, das durch die Auswaschung von seiten der Bäche entstand. An der Bildung des Barranco de las Angustias scheint aber auch das Meer einen gewissen Anteil gehabt zu haben.

Von Los Ljanos führt ein Maultierpfad über die 1400 m hohe Cumbre nueva nach Sa Cruz. Die trockene Westseite der Cumbre ist mit schönem Kiefernwald, die feuchte Ostseite mit Lorbeerwald bedeckt, der hauptsächlich aus dem Tilbaum zusammengesetzt ist, einem Relikt aus der Tertiärzeit. In den Kronen dieses Baumes lebt die Lorbeertaube, die wahrscheinlich den Transport der Samen von dem pliocänen Südeuropa nach den Kanaren besorgte. Ein anderer Charaktervogel des Lorbeerwaldes ist der unserem Buchfinken ähnliche Tintillonfink. Sehr häufig sind auf La Palma auch die Alpendohle und der Turmfalk. Jene kommt nur auf La Palma und nicht auf den anderen Inseln vor, während der Turmfalk sich sogar in den baumlosen Wüsteneien Fuerteventuras vorfindet. Das isolierte Vorkommen der Alpendohle auf La Palma ist noch unerklärt und gehört zu den vielen tiergeographischen Problemen, die die Inselfaunen darbieten.

In der an den Vortrag sich anschließenden Besprechung wurde noch etwas weiter auf die Theorien eingegangen, die zur Erklärung der Bildung der Caldera aufgestellt worden sind.

720. Sitzung am 4. November 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 44 Mitglieder und 2 Gäste. Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Maschineninspektor Leis.

Herr Privatdozent Dr. Sieveking berichtete zunächst über die Darstellung des reinen metallischen Radiums durch Frau S. Curie. Die angewandte Methode ist die sog. Guntzsche und besteht in der elektrolytischen Darstellung des Radiumamalgams. Zur Verarbeitung kam ungefähr ein Zehntel Gramm. Das nach dem Abdestillieren des Quecksilbers zurückbleibende Radium ist silberglänzend, zersetzt Wasser, verbindet sich mit dem Stickstoff der Luft, schwärzt Papier, entwickelt Emanation und hat die strahlenden Eigenschaften der bisher bekannten Radiumverbindungen. Im Anschluß hieran besprach der Redner noch eine Arbeit von E. Ebler, der auf dem Umweg über das Radiumazid metallisches Radium hergestellt hat, sowie zum Schluß noch auf die auf dem letzten Radiumkongreß in Brüssel besprochene Frage der Einheiten des Radiums und der Emanation. Herr Geh. Rat Engler machte noch darauf aufmerksam, daß das Radium, das in großen Mengen im Erdkörper

vorhanden sei, den Abkühlungsprozeß der Erde sehr stark verzögere, da es ungeheuer viel Energie aufgespeichert habe; es sei deshalb anzunehmen, daß die Erde älter sei, als es die Physiker annehmen, und daß die Hypothese der Geologen wohl die richtigere sei.

Herr Dr. E. Oettinger berichtete über eine Methode zur Bestimmung der Temperatur der Fixsterne. Die neueren Arbeiten, denen wir die Kenntnis der Strahlungsgesetze verdanken, geben erst eine exakte Methode, um von der Licht- und Wärmeenergie, die ein Stern uns zustrahlt, auf seine Temperatur zu schließen. Indem man die Strahlung des Sternes einmal mit der des schwarzen Körpers, d. h. eines gleichmäßig erwärmten Hohlraumes, sodann mit der des Platins, d. h. eines blanken Körpers vergleicht, kann man für seine Temperatur eine obere und untere Grenze angeben. Genauer findet man diese Temperatur, indem man statt der Gesamtstrahlung die Strahlungsenergien, die auf bestimmte Farben entfallen, vergleicht. Die Vergleichung geschieht mit einem in das Fernrohr eingebauten Photometer. Die auf diese Weise von Nordmann gemessenen Temperaturen der Fixsterne schwanken zwischen 5000 und 40 000 Grad. Die Temperatur bleibt also weit hinter den Schätzungen früherer Astronomen zurück, die eine Temperatur von 1—2 Millionen für wahrscheinlich hielten.

Herr Privatdozent Dr. Just berichtete sodann über die Zinnpest. Daß einzelne Metalle, namentlich bei großer Kälte, Veränderungen erleiden, indem sie in kurzer Zeit zu Pulver zerfallen, war bereits im Altertum bekannt. In neuerer Zeit lenkten hauptsächlich ähnliche Beobachtungen an Zinngegenständen die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf sich und führten zu der Vermutung, daß z. B. die Zerstörung von Orgelpfeifen oder der plötzliche Zerfall von Zinnbarren in Lagerhäusern durch andauernde große Kälte verursacht werde. Aber erst durch eine Reihe sehr eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen gelang es Professor Cohen in Utrecht, diese Erscheinungen aufzuklären. Er fand, daß unser gewöhnliches metallisches Zinn bei starker Abkühlung sich verändert, indem es sich zuerst an einzelnen Stellen aufbläht und schließlich in ein graues Pulver sich verwandelt. Cohen bezeichnete diesen Zerstörungsvorgang, diesen Übergang des glänzenden Metalls in ein graues Pulver, als Zinnpest. Der

Umwandlungspunkt der beiden Modifikationen liegt bei + 20°, d. h. daß oberhalb + 20° das metallische, unterhalb das graue Zinn die beständige Form ist. Wenn trotzdem unsere sämtlichen Zinngegenstände auch unterhalb dieser Temperatur von + 20° noch unversehrt bleiben und erst bei viel tieferen Temperaturen oder auch wenn sie unter + 20° mit Spuren der pulverförmigen Modifikation berührt, infiziert werden, zerfallen, so liegt dies daran, daß ein solcher Umwandlungspunkt in bestimmten Grenzen überschritten werden kann, gerade so wie sich z. B. Wasser leicht mehrere Grad unter 0° abkühlen läßt, ohne dabei zu Eis zu erstarren. Eine Reihe ähnlicher Zerfallserscheinungen wurden neuerdings an Metallgegenständen beobachtet, die bei der Bearbeitung stark gewalzt oder gepreßt worden waren. Cohen fand auch die Erklärung für diese, von ihm als Forcierkrankheit bezeichneten Vorgänge darin, daß solche mechanisch bei der Bearbeitung stark beanspruchten Metalle dabei in einen instabilen, unnatürlichen Zustand übergehen und daß dann das Bestreben, ihren normalen Molekularzustand wieder anzunehmen, zu schneller Zerstörung führen kann. Für die Technik der Metallbearbeitung ergeben sich natürlich aus diesen Untersuchungen wichtige Hinweise.

721. Sitzung am 18. November 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 44 Mitglieder und 5 Gäste.

Neu angemeldete Mitglieder: Die Herren Chemiker Dr. Acker, Geh. Hofrat Prof. Dr. Dreßler, Spezialarzt Dr. E. Huber.

Herr Dr. Wilser-Heidelberg besprach „Neue Funde und Veröffentlichungen auf anthropologischem Gebiet", zunächst einige Schriften (Steinmann, Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch; Lepsius, Die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit, sowie die etwas älteren schwedischen und deutschen Gegenstücke von Högbom und Pohlig) über die Eiszeit, der ja die ältesten, in europäischem Boden gefundenen Spuren des Urmenschen (Homo primigenius) angehören. Besteht darüber jetzt kein Zweifel mehr, so gehen über Einteilung und Ursachen dieses merkwürdigen Abschnitts der Erdgeschichte die Ansichten noch weit auseinander; während manche Forscher, wie Geikie und Penck, 4—6 verschiedene Eiszeiten mit entspre-

chenden wärmeren Zwischenzeiten annehmen, geben andere, wie Geinitz und Lepsius, nur eine große Eiszeit mit mehreren Rückzugsschwankungen zu, und über die Ursachen gibt es mehr als 40 widersprechende Erklärungen. Der Vortragende hält eine das Quartär einleitende Haupteiszeit mit kürzerem Vor- und Nachspiel für das Wahrscheinlichste und die vorübergehende starke Schnee- und Eisbildung für eine notwendige Begleiterscheinung der langsamen Abkühlung des Erdballs, die aus dem früher viel wärmeren Luftkreis ungeheure, auf hohen Gebirgen und im Umkreis der Pole als Schnee liegenbleibende Wassermengen zum Niederschlag brachte. Auch vor der Eiszeit ist es nicht immer und überall gleich warm gewesen: Tiere und Pflanzen konnten darum nicht, wie noch oft behauptet wird, beliebig hin- und herwandern, sondern ihre Ausbreitung richtete sich nach den natürlichen Lebensbedingungen und folgte einem bestimmten, vom Berichterstatter zuerst in Worte gekleideten „Verbreitungsgesetz", das u. a. besagt, daß von nahverwandten Arten die fossilen und höherentwickelten dem Ursprungsgebiet am nächsten geblieben sind. Den „Eolithen", aus dem Tertiär stammenden und als Werkzeuge des Vor- und Urmenschen angesprochenen Feuersteinsplittern, wird vielfach noch eine zu große Bedeutung beigelegt; da sie nachweislich auf natürlichem Wege entstehen können, dürfen sie nur dann als Erzeugnisse der Menschenhand betrachtet werden, wenn sie von anderen Spuren des Menschen begleitet sind. (Breuil, Sur la présence d'éolithes à la base de l'éocène Parisien. L'Anthropologie XXI 4/5.) Der als Stammvater des Urmenschen vorauszusetzende Tertiärmensch ist noch immer nicht gefunden; auch der ihm manchmal zugeschriebene Unterkiefer von Mauer gehört nach Fundumständen und Knochenbildung zweifellos dem diluvialen Urmenschen an. Die in Inselindien und Südamerika entdeckten Überbleibsel des Vormenschen sind nach neueren Untersuchungen erdgeschichtlich nicht älter als die des Urmenschen aus unserem Weltteil und müssen darum von vorausgeeilten Verbreitungswellen herstammen. Der von Ameghino mit einigen Anthropologen, z. B. Mochi, geführte Streit, ob das Stirnbein von Buenos Aires als vormenschlich oder als altmenschlich*) anzusehen ist, wird erst mit

*) Durch genaue Untersuchungen, besonders von Schwalbe ist die menschliche Herkunft sichergestellt.

Hilfe von Abgüssen zu entscheiden sein. — Dem diesjährigen internationalen Wissenschaftskongreß in Buenos Aires hat der genannte inzwischen verstorbene Forscher über einige in Argentinien und auf Kuba gemachte Knochenfunde berichtet, die er drei verschiedenen, ausgestorbenen Menschenarten zuteilt und mit entsprechenden, nicht gerade glücklich gebildeten naturwissenschaftlichen Namen belegt. Auch hierüber wird man ein endgültiges Urteil erst dann abgeben können, wenn wir im Besitz genauer Abbildungen oder Abgüsse sind. Einige im südlichen Schweden ausgegrabene Schädel und Gerippe hat der Lunder Anthropologe Fürst beschrieben (Stenålderskelett från Hvellinge i Skåne usw., Ur Fornvännen); sie stimmen ganz mit der aus Dänemark bekannten „Borreby-Rasse" überein, die nach des Berichterstatters Ansicht nicht die älteste menschliche Einwanderung in den nordischen Ländern darstellt, sondern aus einer Vermischung der langköpfigen Nordlandsrasse (Homo europaeus) mit vom Festland eingedrungenen Rundköpfen (Homo brachycephalus) hervorgegangen ist. Sie wurde, wie aus den sehr lehrreichen Zusammenstellungen des verdienstvollen schwedischen Forschers hervorgeht, später vollständig von der sich mächtig vermehrenden und ausdehnenden nordischen Rasse überflutet. — Im letzten Doppelheft (XXI 4/5) der Zeitschrift „L'Anthropologie" sucht Luquet die seltsamen menschenähnlichen Darstellungen aus der alten Steinzeit, die man bisher als Tanzmasken, Vermummungen zum Beschleichen des Wildes u. dgl. erklärt hat, in einer neuen Weise zu deuten, nämlich als richtige Menschen, aber gezeichnet in der Art „aufgerichteter Vierfüßler". Einige auffallend affenähnliche Bilder bestärken jedoch die vom Vortragenden schon früher geäußerte Vermutung, es handle sich um Nachbildungen großer, damals in unseren Breiten noch lebende Affen oder gemeinsamer Vorfahren von solchen und den ersten Menschen. Während die Verwandtschaft des Menschen mit den „Primaten" und seine Abstammung von tierähnlichen Vorfahren heutzutage bei ernstzunehmenden Forschern nicht mehr auf Widerspruch stößt, herrschen über die Zusammenhänge der fossilen Menschenarten untereinander und mit den lebenden Rassen noch sehr verschiedene, oft schroff sich gegenüberstehende Anschauungen. Zeugnis davon legen zwei kleine volkstümliche Schriften ab. „Der Mensch der Urzeit" (Aus Natur- und Geisteswelt) von Heilborn und ein

schwedisches Gegenstück, „Om människans ursprung" (Verdandis småskrifter), von Adlerz. Letztere behandelt hauptsächlich die vormenschliche Zeit und die Beziehungen zur Tierwelt, erstere ist zu ihrem Nachteil zu sehr durch Klaatschs widerspruchsvolle Theorien beeinflußt. Bei der letzten Anthropologenversammlung in Cöln hat dieser Forscher ganz im Gegensatz zu früheren Äußerungen behauptet, die Neandertalrasse (H. primigenius nach der von ihm verschmähten naturwissenschaftlichen Bezeichnung) sei näher mit dem Gorilla verwandt und aus Afrika stammend, der Mensch von Aurignac (H. mediterraneus var. fossilis nach des Vortragenden Namengebung) dagegen mit dem Orang und ostasiatischer Herkunft. Um das Vorrecht dieses entwicklungsgeschichtlich und anatomisch unmöglichen Gedankens streitet er sich in öffentlichen Blättern mit einem Dr. Melchers; später wird es jeder gern dem andern überlassen. Eine mit Abbildungen versehene Schrift des Berliner Paläontologen Branca („Der Stand unserer Kenntnisse vom fossilen Menschen") dient hauptsächlich zur Rechtfertigung der von ihm 1901 auf dem 5. Internationalen Zoologenkongreß vorgetragenen, durch die Zeit und neuere Forschungen überholten Ansichten und sucht u. a. immer noch eine Blutmischung zwischen richtigen Menschen und großen Affen, die den javanischen Vormenschen hervorgebracht haben soll, als möglich hinzustellen! Eine Urzeugung leugnet er und nimmt an, das Leben bestehe von Ewigkeit an und sei „in irgend einer Weise" auf die Erde gekommen. In sachlich ruhiger, darum aber um so wirksamerer Weise hat Schwalbe (Globus, 18. Juli 1910) Pater Schmidts Theorien über „Die Stellung der Pygmäenvölker in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit" zurückgewiesen. Leiblich sollen die Zwergvölker dem Urzustande der Menschheit am nächsten geblieben, geistig aber schon zum „Monotheismus" vorgeschritten sein. Die Absicht einer solchen Darstellungsweise ist leicht erkenntlich. Eine sehr gründliche, mit vielen wertvollen Abbildungen ausgestattete Abhandlung von Schliz (Archiv für Anthr. IX 3/4) behandelt „Die vorgeschichtlichen Schädeltypen der deutschen Länder in ihrer Beziehung zu den einzelnen Kulturstufen der Urgeschichte". Sie zeigt, daß jede neue Kulturentwicklung mit einem Zunehmen der Langschädel verbunden war. Der gelehrte Verfasser spricht nur von „Typen", legt etwas zu viel Gewicht auf geringe örtliche Ver-

schiedenheiten und übersieht oft, z. B. bei den nach seiner Meinung rundköpfigen Kelten, die in dem Rassengemisch eines bestimmten Volkes enthaltenen Grundbestandteile. Immerhin sagt er am Schlusse ganz richtig: „Als stehender Völkerherd bleibt das Gebiet der Urheimat der Germanen, Nordwestdeutschland, Dänemark und Skandinavien bestehen, von welchem aus immer wieder Wanderzüge nach Südwestdeutschland stattfinden." Dieser „Völkerherd" ist eben das Ausstrahlungsgebiet des Homo europaeus, von dem seit den frühesten Zeiten, weit über Deutschlands Grenzen hinaus, Wanderungen ausgegangen sind. Hierher gehört auch eine ähnliche Arbeit von Reche „Zur Anthropologie der jüngeren Steinzeit in Schlesien und Böhmen" (Archiv für Anthr. VII 2/3). — Ein hübsches „Bilderbuch" ohne eigenen wissenschaftlichen Wert ist „Das vorgeschichtliche Europa, Kulturen und Völker" (Monographien zur Weltgeschichte Nr. 30) von Hahne, der auf den meisten der von ihm behandelten Gebieten kein selbstständiges Urteil hat und neben unzweifelhaft Richtigem auch mancherlei Irrtümer verbreitet. Neuerdings hat der dänische Anthropologe Hansen in der Kopenhagener „Nationaltidende" (8. November) einen Aufsatz über „Europäische Rassenprobleme" veröffentlicht, der sich gegen „phantasievolle, populärwissenschaftliche Schriftsteller" und die „naiven Alldeutschen" wendet und mit einer ganz ungenügenden, oberflächlichen Beweisführung die weltgeschichtliche Bedeutung der „germanischen Rasse", d. h. des H. europaeus, herabzusetzen sucht. Als Zeichen für den wachsenden Einfluß anthropologischer Gedanken auf Volkswirtschaft und Gesundheitspflege sei zum Schluß noch der schöne und beherzigenswerte Vortrag des Freiburger Anthropologen Fischer („Sozialanthropologie und ihre Bedeutung für den Staat") angeführt. Daß etwas gegen die zunehmende Entartung geschehen sollte, wird jetzt allgemein anerkannt; die Hauptaufgabe aber ist, zweckmäßige und zugleich durchführbare Vorschläge zur Rassenverbesserung zu machen. Sämtliche besprochenen Schriften wurden zur Ansicht vorgelegt. Aus ihnen geht hervor, daß zwar noch manche Gegensätze auszugleichen sind, daß aber auf dem Gebiet der Menschen- und Völkerkunde so emsig gearbeitet wird, wie auf irgend einem anderen der naturwissenschaftlichen Forschung, und dies berechtigt zu der Hoffnung, auch auf diesem Wege der Wahrheit immer näher zu kommen.

Herr Dr. L a y berichtete darauf über das „Abend- und Morgengedächtnis auf Grund experimenteller Untersuchungen". Es handelte sich um didaktische bezw. pädagogische Experimente. Deshalb gab er zunächst einen Einblick in die von ihm vollzogene Grundlegung der experimentellen Didaktik, die Fortschritte der jungen Wissenschaft der experimentellen oder neuen Pädagogik im In- und Ausland, die Bestätigungen und Weiterführungen der Experimente Dr. Lays, die Errichtung pädagogischer Laboratorien in Chicago, Antwerpen, an belgischen Lehrerseminarien, in St. Petersburg, Budapest, Mailand usw., Institute, die aus staatlichen und städtischen Mitteln zur wissenschaftlichen Förderung der Pädagogik und zur Vor- und Fortbildung der Lehrer unterhalten werden. Als Versuchspersonen dienten Dr. Lay 18- bis 19jährige Seminaristen, die auf Grund von Beobachtungen und Versuchen in die Psychologie eingeführt waren. Aus den Versuchsresultaten seien hier nur folgende hervorgehoben: 1. Die Versuchspersonen hatten ausnahmslos die subjektive Gewißheit, daß das Morgenlernen bessere Resultate im dauernden Behalten erzeuge. 2. Der objektive Befund — nach je 24 Stunden wurde das Behalten festgestellt — zeigte aber, d a ß d a s A b e n d l e r n e n d e m M o r g e n l e r n e n u m d a s Z w e i - b i s D r e i f a c h e ü b e r l e g e n w a r. 3. Die Versuchsperson mit dem höchsten Energieaufwand hatte die achtfache Wiederholungszahl nötig, die die Versuchsperson mit dem geringsten Kraftaufwand für d e n s e l b e n Lernstoff gebrauchte 4. Nach 24 Stunden war die Hälfte des Lernstoffs vergessen. 5. Z a h l r e i c h e falsche Reproduktionen (Erinnerungen) wurden von den Versuchspersonen als richtig angesehen (wie zahlreiche Zeugenaussagen vor Gericht unbewußt falsch und der Rechtsprechung gefährlich sind).

Warum ist das Abendgedächtnis stärker als das Morgengedächtnis? Die Vorstellungen wollen und sollen im Bewußtsein beharren, a l l m ä h l i c h abklingen und dabei sich f e s t i g e n. Nachfolgende Vorstellungen und Wahrnehmungen, wie sie in großer Zahl nach dem Morgenlernen, in der Tagesarbeit, n i c h t aber nach dem Abendlernen, im Schlafe, auftreten, können jenes Festigen und „von selbst Weiterarbeiten" h i n d e r n. Auf die pädagogische Verwertung der Versuchsergebnisse konnte der Vortragende wegen der vorgeschrittenen Zeit nicht mehr eingehen.

722. Sitzung am 2. Dezember 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im großen Hörsaal für Physik hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann einen Experimentalvortrag über „Das Relativitätsprinzip, der neue Fundamentalsatz der Physik", dessen Inhalt in etwas erweiterter Form bereits im 23. Band der Verhandlungen zum Abdruck gekommen ist.

723. Sitzung am 16. Dezember 1910.

Vorsitzender: Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 57 Mitglieder.

Neu angemeldete Mitglieder: Die Herren Oberst von Fiebig, Apotheker Ganzloser, Privatdozent Dr. Hallo, Regierungsbaumeister Kohler, Lehramtspraktikant Leier, Prof. Nopper, Diplomingenieur Schumann, Ingenieur Dr. Ing. A. Staus.

Im großen Hörsaal für Chemie der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Haid einen Lichtbildervortrag über seine „Reise nach Ceylon", die ihn von Genua aus über Neapel, durch den Suezkanal und an Aden vorbei nach Colombo, auf Ceylon selbst nach Kandy und seinen Teeplantagen, zum berühmten botanischen Garten von Paradenija und zuletzt nach dem 2000 m hoch gelegenen Nuwara Elija geführt hatte. Alles Schöne und Interessante, besonders Vegetationsbilder, was auf dieser Reise zu sehen war, führte der Vortragende in einer großen Anzahl von Lichtbildern, meist nach eigenen Aufnahmen vor.

724. Sitzung am 13. Januar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Graf Konst. von Hennin, Hauptmann und Kammerherr.

Im großen Hörsaal für Chemie der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Klein einen Vortrag über: „Urpflanzen, sowie Lebensdauer und Tod im Pflanzenreich".

725. Sitzung am 23. Januar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

In der Sitzung, welche gemeinschaftlich mit dem Elektrotechnischen Verein und dem Verein Karlsruher Ärzte stattfand, demonstrierte Herr Dr. Fr. Klingelfuß aus Basel im physika-

lischen Hörsaal der Technischen Hochschule, einer von den genannten Vereinen ausgehenden Einladung folgend, eines seiner großen Induktorien, welche blitzartige Funken bis zu 1,25 m Länge zu erzeugen vermögen, erläuterte die Bauart und Wirkungsweise derselben, insbesondere aber die Messung der erzeugten Spannung, welche zugleich ein Maß gibt für den Härtegrad der in einer angeschlossenen Röntgenröhre erzeugten Röntgenstrahlung, d. h. für deren Durchdringungskraft.

Durch eingehende Studien von Versuchsapparaten hatte der Vortragende erkannt, die Funkenlänge sei der Windungszahl der Sekundärspule sehr nahe proportional, vorausgesetzt, daß sie nicht, wie früher üblich, aus zahlreichen Teilspulen besteht, deren Enden miteinander verlötet sind, sondern aus einem fortlaufend gewickelten Draht, dessen Windungen überall so gut isoliert sind, daß nirgendwo Kurzschlüsse auftreten können. Es gelang ihm, ein (patentiertes) Verfahren zu finden, welches die Herstellung solcher Spulen gestattet, die wie zu erwarten, in ihrer Leistung die bisherigen Induktorien bedeutend übertrafen, so daß es möglich wurde, Apparate von den angegebenen Funkenlängen ohne abnorme Dimensionen und ohne allzu große Kosten zu bauen und sie ohne Besorgnis des früher so sehr gefürchteten Durchschlagens der Sekundärspule zu gebrauchen. Hierzu war es vor allem nötig, die Spannung an den Enden der Sekundärspule zu messen, um darnach die Dicke der Isolierschichten bestimmen zu können.

An einem Versuchsapparat zeigte nun der Vortragende zunächst, daß infolge der Hochfrequenzströme in der Primärspule, welche mit dem angeschlossenen Kondensator einen Braunschen Schwingungskreis darstellt, wie er in der drahtlosen Telegraphie benutzt wird, in der Sekundärspule Hochfrequenzströme induziert werden, welche an den Endwicklungen starke Spannungswechsel hervorrufen, die wie beinem Teslatransformator bläulich leuchtende Büschelentladungen hervorrufen, dadurch die Luft ionisieren, also deren Widerstand vermindern und so dem Funken den Weg bahnen. In der Mitte der Spule dagegen bleibt die Spannung immer annähernd Null, so daß man sie dort ungestraft berühren kann, während zwischen den Enden meterlange Funken übergehen, entsprechend einer Spannungsdifferenz von 800 000 Volt. Dieser Umstand eben ermöglicht die Messung der Spannungsdifferenz, welche, wie bemerkt, der Windungszahl proportional

ist. Ist z. B. die Windungszahl 86 000, so entfällt auf eine Serie von 10 Windungen die Spannungsdifferenz 94 Volt, die sich bequem mittels eines gewöhnlichen statischen Voltmessers messen läßt. Die Klingelfußschen Induktorien sind so eingerichtet, daß ein solches dauernd in der Mitte der Sekundärspule angeschaltet werden und somit an dessen Skala die Funkenspannung und damit auch die Härte einer angeschlossenen Röntgenröhre ohne weiteres abgelesen werden kann. Außerdem läßt sich noch ein Milliampèremeter in die Sekundärspule einschalten, welches den Strom darin zu messen gestattet, der sich bei den vorgeführten Versuchen je nach der Funkenlänge etwa in den Grenzen von 7—27 Milliampère bewegte. Für die Verwendung der Röntgenstrahlen in der Therapie dürfte diese Art der Messung der Leistungen eines Induktoriums, weil sie eine präzise Dosierung der Röntgenstrahlen ermöglicht, sehr willkommen sein.

Zum Schluß des mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Vortrags dankte der Vorsitzende des Naturwissenschaftlichen Vereins, Herr Geh. Hofrat Lehmann, zugleich im Namen der anderen Vereine, dem Vortragenden herzlichst für seine Mitteilungen und die interessanten Demonstrationen, welche für ihn mit großen Umständlichkeiten verbunden waren, da die Apparate für diesen Zweck von Basel hierher transportiert werden mußten, weil das physikalische Institut kein großes Induktorium besitzt.

726. Sitzung am 3. Februar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 49 Mitglieder.

Herr Augenarzt Dr. Spuler hielt einen Vortrag über „Sport und Schule".

Seit der Forderung Kaiser Wilhelms II. auf den Dezember-Konferenzen 1891: „Ich brauche Soldaten, wir müssen eine kräftige Generation haben", wird der Ausbildung des Körpers in weiten Kreisen viel mehr Wert beigemessen. Durch mancherlei Fehler werden die Ausgehobenen zum Militärdienst untauglich; einen auffallend hohen Prozentsatz stellen die Herzfehler. In neuerer Zeit wird die Pflege und Ausbildung der Sinnesorgane, besonders der Augen, als notwendig betont. Durch das rauchlose Pulver, die modernen Waffen sind viel größere Gefechtsentfernungen entstanden als früher, die Taktik hat sich geändert und stellt an die Be-

obachtungsgabe des einzelnen höhere Anforderungen. In Deutschland haben wir aber gerade eine sehr hohe Zahl Kurzsichtiger, besonders in den höheren Klassen: von 2,3 % in den unteren Volksschulklassen steigt die Zahl auf 60 % in den Oberklassen der Gymnasien. -- Die höheren Schulen sind es aber zurzeit, neben den Kadettenanstalten, aus denen der Ersatz für die Offiziere der Landarmee und der Marine hervorgehen soll, und gerade die Truppenführer sollen noch besser beobachten können, also auch gut sehen. Mit der Kurzsichtigkeit geht aber im allgemeinen in gleichem Maße eine Sehschwäche einher, so daß auch Hilfsapparate nicht so viel nützen wie bei normalen Augen.

Manche Gewerbe weisen auch viele Kurzsichtige auf, wie Setzer, Graveure, Feinmechaniker, Lithographen. Manches unnötige Lesen, Schreiben und in das Buch schauen könnte beim Unterricht wohl vermieden werden. Die Schulen müssen in der Schule und zu Hause angehalten werden, sich aufrecht zu halten. Ausreichende Beleuchtung ist heutzutage wohl in allen Schulen vorhanden. Schlechter steht es da schon in den Wohnungen, noch viel schlechter aber in den Werkstätten. Hier wird oft den ganzen Tag bei künstlicher Beleuchtung gearbeitet; da sollte durch eine vernünftige Bauordnung, die es nicht zuläßt, daß überall das letzte Stück Garten und Hof verbaut wird, Wandel geschaffen werden.

Alles, was die Schüler zum Aufenthalt im Freien veranlaßt (Spielen, Spaziergänge), müßte gefördert werden. Es ist ja eine alte Klage, daß der größte Teil der Schüler, auch der höheren Klassen, nicht beobachten könne, blind und taub laufen sie durch die Welt. Wenn die anderen Fächer nicht mithelfen, so kann der Naturkundeunterricht es allein nicht machen. Vor allem ein richtiger Zeichenunterricht könnte hier viel leisten. Auf den Spaziergängen kann dann das Beobachten (Atmosphäre, Flora und Fauna usw.) weiter betrieben werden, so daß hier neben dem Körper auch der Geist am besten gebildet wird.

Das Turnen ist immer noch das beste Mittel zur gleichmäßigen Ausbildung des Körpers. Alle Schüler nehmen hier daran teil und bei einem guten Unterricht auch gern. Übermäßige Anstrengungen werden hier am besten vermieden. Die Spiele im Freien, mit und ohne Ausflüge, sind dann des weiteren wohl am zweckmäßigsten für die künftigen Soldaten. Die Sportübungen

führen leicht zu Übertreibungen und sind daher für den noch nicht ausgewachsenen Körper der Schüler häufig schädlich. Es wird von nichtärztlicher Seite behauptet, daß Herzfehler, die zur Untauglichkeit führten, öfters durch übertriebenen Sport ausgebildet wurden. Viele der Sports, wie Radfahren, Reiten, Skifahren, sind für die meisten Schüler der Städte und die Lehrlinge der Handwerker zu kostspielig. Daß sie mit Maß getrieben, nützlich sind zur Ausbildung des Körpers und wohl auch in gewissem Grad der Sinnesorgane, kann niemand bestreiten. Zusammenfassend kann man sagen, daß ein guter Turnunterricht mit den Freispielen und Ausflügen den Körper und die Sinnesorgane am besten ausbildet. Mitwirken müssen alle Unterrichtsfächer, sowie auch die Anleitung und Aufsicht der Eltern.

Herr Dipl.-Ing. Schumann hielt darauf einen Vortrag über „Sprechendes Eisen", wobei er alle diejenigen Erfahrungen eingehend besprach, bei denen durch Änderung des magnetischen Zustandes eines Eisenstückes Geräusche oder Töne entstehen; er besprach eingehend das Telephon, das Telegraphon von Poulsen, den sprechenden Lichtbogen, sowie die neueste Form des Telephons, bei dem dieses Instrument aller der Attribute entkleidet ist, die man bis dahin als unumgänglich notwendig gehalten hat und das schließlich nur noch aus einer Mikrophonspule besteht.

727. Sitzung am 17. Februar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 38 Mitglieder.
Neu aufgenommene Mitglieder: die Herren Reallehrer Dr. Merkel. u. Prof. Dr. Roller.

Herr Privatdozent Dr. Leiser hielt einen Vortrag über „mikroskopische Metalluntersuchung". Der Vortragende erläuterte zuerst an einigen Beispielen die physikalisch-chemischen Methoden, welche zum systematischen Studium des Verhaltens von Legierungen dienen, besonders also die chemische Analyse und zeigte, wie man die Versuchsresultate in einem Diagramm darstellen kann, aus dem dann leicht zu ersehen ist, ob die betreffenden Metalle im festen Zustand mischbar sind oder nicht, ob sie eine chemische Verbindung bilden, eine Umwandlung erfahren und dergleichen.

Sodann wurde kurz die Technik der Herstellung und mikroskopischen Untersuchung von Metallschliffen beschrieben und an

denselben Beispielen unter Vorführung von Mikrophotogrammen gezeigt, wie man die Resultate der physikalisch-chemischen Untersuchung durch die mikroskopischen Beobachtungen kontrollieren kann.

Der übrige Teil des Vortrags war der Beschreibung des physikalisch-chemischen Verhaltens der Eisenkohlenstofflegierungen und der Vorführung von Photogrammen gewidmet, welche die Anwendung der mikroskopischen Methode auf die Untersuchung der Eisen- und Stahlsorten zeigten.

728. Sitzung am 3. März 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 81 Mitglieder und Gäste.

Herr Prof. Dr. Paulcke hielt einen Vortrag über „Zweck und Verbreitung geologischer Exkursionen".

729. Sitzung am 5. Mai 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neuaufgenommenes Mitglied: Herr Privatdozent Dr. Mohrmann.

In der Sitzung, die vom Naturwissenschaftlichen Verein und vom Verein Karlsruher Ärzte gemeinsam abgehalten wurde, hielt Herr Prof. May einen Vortrag über Befruchtung und erste Entwicklung des tierischen Eies. Der Redner führte etwa folgendes aus: Aristoteles unterschied in seinem Werk über die Zeugung der Tiere zwischen Urzeugung und Elternzeugung. Zahlreiche niedere und einige höhere Tiere entstehen nach seiner Ansicht unmittelbar aus dem leblosen Stoff oder aus faulenden organischen Substanzen. Für die Mehrzahl der höheren Tiere aber nahm er eine Entstehung durch Vermittlung männlicher und weiblicher Eltern an, ohne jedoch das eigentliche Wesen der Zeugungsvorgänge zu erkennen. Im Mittelalter wurden keinerlei Fortschritte in der Erkenntnis dieser Erscheinungen gemacht, und erst mit dem Wiedererwachen der Wissenschaften im 17. Jahrhundert begann auch auf diesem Gebiet eine neue Epoche. Harvey stellte den Satz auf, daß alles Lebendige aus dem Ei hervorgeht, ohne jedoch damit die Urzeugungslehre des Aristoteles zu verwerfen. Doch schränkte er sie ein, und auch andere Forscher jener Zeit zeigten, daß gewisse Tiere, für

die man früher eine Entstehung durch Urzeugung angenommen hatte, tatsächlich durch Elternzeugung entstehen. Anderseits wurde damals durch die Entdeckung der Aufgußtierchen das Gebiet der Urzeugung erweitert, doch stellte sich später heraus, daß auch diese mikroskopischen Wesen nicht durch Urzeugung entstehen. Dasselbe wurde für die Eingeweidewürmer nachgewiesen, und so blieb schließlich die Elternzeugung als einzige durch die Erfahrung nachgewiesene Art der Zeugung übrig.

Die Elternzeugung ist entweder eine ungeschlechtliche oder eine geschlechtliche. Bei jener zerfällt der elterliche Organismus ohne weiteres in zwei oder mehrere gleiche oder ungleiche Teile, bei dieser findet eine Vermischung männlicher und weiblicher Substanzen statt. Über das Verhältnis dieser Substanzen (Same und Ei) zueinander und zum fertigen Organismus, hatte man früher durchaus unrichtige Vorstellungen. Man glaubte, daß der Organismus mit allen seinen Teilen im Keim vollständig fertig vorgebildet sei, und daß die Entwicklung nur in einer Auseinanderfaltung und einem Wachstum der bereits vorhandenen Teile, nicht dagegen in einer Neubildung von Teilen bestehe. Die Anhänger dieser Lehre schieden sich nach Entdeckung der menschlichen Samenfäden in zwei Lager: die Eigläubigen behaupteten, daß der Organismus im weiblichen Ei, die Samengläubigen, daß er im männlichen Samenfaden vorgebildet sei. Tatsächliche Beweise für ihre Auffassung vermochte keine der beiden Parteien zu erbringen. Eine tiefere Erkenntnis der Zeugungsvorgänge wurde erst durch die Aufstellung der Zellentheorie im 19. Jahrhundert möglich. Man erkannte, daß die Fortpflanzungssubstanzen Zellencharakter haben und die ersten Entwicklungsvorgänge Zellteilungen sind.

Der Vortragende erörterte darauf an einer Reihe von Lichtbildern den Bau der Zelle, die Vorgänge bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der einzelligen Tiere, die geschlechtliche Fortpflanzung der Aufgußtierchen, die Struktur der Ei- und Samenzellen verschiedener Tiere und die Erscheinungen der Befruchtung und Furchung des tierischen Eies, speziell des Eies der Seeigel. Bei diesem beobachtete Oskar Hertwig im Jahre 1875 zum erstenmal die Befruchtungsvorgänge. Später hat man versucht, diese Prozesse kinematographisch aufzunehmen, um sie einem größeren Publikum vorführen zu können.

Eine solche Vorführung bildete den Schluß des Vortrags. Zwei unbefruchtete Eier erschienen auf der weißen Fläche der Leinwand in ungeheurer Vergrößerung. Das Eindringen der Samenzelle in das Ei war nicht zu erkennen, aber daß die Befruchtung stattgefunden hatte, wurde dadurch kundgegeben, daß sich plötzlich vom Ei die Dotterhaut abhob, die jeder weiteren Samenzelle den Eintritt wehrte. Dann senkte sich die erste Furche in den Eikörper ein, der bald darauf durch sie in zwei Zellen zerteilt wurde. Zellteilung reihte sich jetzt an Zellteilung. Es entstand eine Zellenhohlkugel, die in kreisende Bewegung geriet und die Dotterhaut durchbrach, bis schließlich die fertige Larve durch das Gesichtsfeld schwamm. So wurde ein Vorgang, der sich in der Natur im Lauf von etwa 12 bis 24 Stunden abspielt, durch die kinematographische Vorführung in wenige Minuten zusammengedrängt, und das, was sonst nur dem Auge weniger Zoologen zugänglich ist, einem großen Publikum zur Anschauung gebracht.

730. Sitzung am 19. Mai 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 37 Mitglieder.

In der Sitzung vom 19. Mai d. J., der auch S. K. H. der Großherzog anwohnte, hielt Herr Dr. Spuler einen Vortrag über „Die Wirkung ultravioletten Lichtes auf den tierischen Organismus“.

Seit den grundlegenden Untersuchungen Newtons wissen wir, daß das weiße Sonnenlicht aus den verschiedenen Lichtarten des Regenbogens zusammengesetzt ist. Später fand man, daß auf beiden Seiten des sichtbaren Spektrums noch strahlende Energie der Sonne vorhanden ist: die ultraroten und ultravioletten Strahlen.

Die grünen Pflanzen gedeihen besonders gut im roten Licht, das vom Chlorophyll absorbiert wird; Wasserpflanzen passen sich oft dem grünblauen Licht durch rote oder gelbe Farbe an. Blaues und ultraviolettes Licht wirkt auf die grünen Pflanzen nicht fördernd ein, während die Bakterien durch diese Lichtarten geschädigt und bei längerer Wirkung getötet werden (desinfizierende Kraft des Lichtes).

Zahlreiche niedere Tiere empfinden direkt das ultraviolette Licht, und zwar oft als unangenehm; so tragen z. B. die Ameisen

ihre Puppen aus dem für uns sichtbaren Licht ins Dunkle, aber sie scheuen auch die für uns unsichtbaren ultravioletten Strahlen.

Für die Lichtstrahlen haben die höheren Tiere besonders empfindliche Sinnesorgane, die Augen. — Die Säugetiere nehmen wohl keinen größeren Spektralbezirk als die Menschen als Licht wahr. — Die Wärmestrahlen wirken auf Haut und Schleimhäute anders ein als die Lichtstrahlen, deren Einwirkung länger dauert und sowohl zu längeren Entzündungen führen kann, als auch vor allem Pigmentbildung anregt.

In neuerer Zeit wurde vielfach die Behauptung, daß die ultravioletten Strahlen besonders schädlich für die Augenmedien und die Netzhaut seien, aufgestellt. — Um in dem Für und Wider der Meinungen ein eigenes Urteil gewinnen zu können, stellte der Vortragende mit dem Quarzspektrographen Untersuchungen an. Es wurde das Sonnenspektrum und die verschiedenen in Betracht kommenden Lichtquellen untersucht und die Absorption der verschiedenen Gläser und der Augenmedien festgestellt. Die Untersuchung ergab, daß nennenswerte ultraviolette Strahlung außer von der Sonne nur von der offenen Bogenlampe und von der Quarz-Quecksilberbogenlampe ausgehen. Eine gewöhnliche dünne Glasscheibe absorbiert schon einen großen Teil der von der Sonne ausgehenden Strahlen, denen alle viel im Freien lebenden Personen ausgesetzt sind; wir finden aber gerade, daß diese im allgemeinen bessere Augen haben.

Jede starke Lichtquelle, die mehr oder wenig punktförmig ist, verursacht im sichtbaren Teil der Strahlung, Blendung, wogegen jedes Glas schützt, das diese Strahleń schwächt.

Aufgabe der Beleuchtungstechnik ist es, eine dem diffusen Tageslicht ähnliches Licht zu schaffen, wie wir es z. B. bis auf die Energieverteilung bei der indirekten Beleuchtung haben.

Viel störender als die wenigen ultravioletten Strahlen wirken die direkten Beleuchtungen, wie wir sie oft auf der Straße zur Reklame und zur Schaufensterbeleuchtung angewandt finden.

731. Sitzung am 16. Juni 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im Hörsaal für Mineralogie der Technischen Hochschule hielt Herr Prof. Dr. Paulcke einen Vortrag über: „Versuche

über Gebirgsbildung". Die Versuche, welche sich an ältere Versuche über die plastische Deformation weicher Körper beim Zusammenstauchen usw. (vgl. O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig 1888 Bd. I S. 61 u. ff., wo eine Übersicht der Literatur gegeben ist) anschlossen, bedeuten einen wesentlichen Fortschritt, insofern nicht homogene Körper gepreßt wurden, sondern große Massen, die aus wechselnden Lagen von ziemlich steifem nassem Gyps und Sand bestanden und einem erheblichen Druck durch aufgelegte Gewichte ausgesetzt waren, ferner auch dadurch, daß quer zur Richtung der Pressung, welche parallel zur Schichtung erfolgte, lokale Senkungen veranlaßt wurden. Sie ergaben Deformationen, welche den in der Natur zu beobachtenden Deformationen von Gesteinsschichten sehr ähnlich waren, können somit zur Aufklärung der Gebirgsbildung beitragen.

732. Sitzung am 30. Juni 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Der Schriftführer gab den üblichen Bericht über die Tätigkeit des Vereins im abgelaufenen Vereinsjahr und der Rechner den Kassenbericht. Als weiteres Vorstandsmitglied wurde Herr Geh. Hofrat Dr. Haid gewählt.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein hielt darauf einen Vortrag über das „Finalmehl und die vollständige Ausnützung des Nährwertes der im Getreidekorn enthaltenen Eiweißsubstanzen" unter Vorlage von Proben von Brot, das aus Finalmehl gebacken war.

Abhandlungen.

Untersuchungen über Henneguya psorospermica Thél.

Von **Prof. Dr. M. Auerbach.**

Die Anregung zur Vornahme der in diesen Zeilen geschilderten Untersuchungen erhielt ich durch die Zusendung außerordentlich stark mit *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn infizierter Hechtovarien aus dem Neuchâteller See durch Herrn Prof. Dr. O. Fuhrmann, dem ich auch an dieser Stelle nochmals für seine Liebenswürdigkeit danken möchte. Fuhrmann hat diese Ovarien schon eingehend geschildert (6.), und ich werde später noch auf seine Mitteilungen zu sprechen kommen.

Das Studium von Schnitten durch Teile der eingesandten Ovarien führte zunächst zu keinem Erfolge, da ich mir die in ihnen gebotenen Bilder nicht richtig deuten konnte; es mußte daher wünschenswert erscheinen, noch anderes, womöglich jüngeres Material zu beschaffen, und es gelang mir dann auch im Laufe der Zeit nach und nach einige infizierte Ovarien von Hechten aus der Umgebung Karlsruhes zu erhalten. Vom 10. März 1905 bis 18. März 1911 habe ich einschließlich der Fuhrmann'schen Sendung 22 Hechte untersucht von 35—50 cm Länge. In diesen Fischen wurden gefunden

a. *Myxidium lieberkühni* Btschli in der Harnblase bei 20 Exemplaren[1],
b. *Henneguya psorosp. typica* Thél. auf den Kiemen bei 2 » [1],
c. » » *oviperda* Cohn im Ovarium bei 4 » ,
d. » ? *lobosa* Cohn auf den Kiemen bei 1 Exemplar[1].

Über einige Funde betreffs *Myxidium lieberkühni* Btschli will ich zum Schlusse noch kurz berichten. Vorläufig wollen wir uns nur mit der Gattung *Henneguya* beschäftigen.

[1] Das Exemplar von Fuhrmann zählt in diesem Falle nicht mit, da ich nur die Ovarien desselben erhielt.

Technik der Untersuchung.

Die infizierten Teile der Ovarien und Kiemen wurden fixiert in heißem Sublimat-Alkohol absol. Eisessig nach Stempell (12—14); auch wurden von einigen Cysten Deckglasausstriche nach der Methode des gleichen Autors genommen und behandelt. Zur Messung wurden frische oder in Formol konservierte Sporen verwendet.

Das fixierte Material wurde z. T. nach meiner alten Methode (1.) mit alkohol. Boraxkarmin nach Grenacher und Thionin gefärbt, zum größten Teile aber nach der Giemsa'schen Methode und zwar nach der Modifikation die Schuberg (11.) und Giemsa selbst (7.) in neuerer Zeit angewendet haben, d. h. die Schnitte kommen für ca. 3 Stunden in verdünnte Giemsa'sche Lösung (10 Tropfen konz. Lösung auf 10 cm^3 Aq. dest.), werden dann kurz in Wasser abgespült, in 2 mal gewechseltem Azeton rasch entwässert, in Xylol aufgehellt und in Balsam gelegt. Das Resultat ist bei den von mir selbst in obigem Fixierungsmittel fixierten Schnitten stets ein ganz vorzügliches gewesen, und die Methode hat da nie versagt. Bei dem Fuhrmann'schen Material hingegen, das anders konserviert war, ist eine typische Färbung nicht zu erzielen gewesen.

Es mag vielleicht von Interesse sein, zu vernehmen, daß ich für die Färbung von Schnittmaterial für Mikrosporidien eine andere Methode der Giemsafärbung gefunden habe, die auch in Fällen angewandt werden kann, in denen Azeton nicht gebraucht werden darf.

Die infizierten Objekte werden, wie oben angegeben, fixiert, eingebettet und dann möglichst dünn geschnitten (2—5 μ). Die Schnitte werden mit Eiweißglyzerin und Wasser aufgeklebt. Nachdem sie dann durch fallenden Alkohol bis in dest. Wasser geführt worden sind, kommen sie auf 24—72 Stunden in das konzentrierte Giemsa'sche Gemisch (Grübler). Nach dieser Zeit wird das Deckglas mit den Schnitten direkt in eine sehr starke Lösung von Eosin-Höchst (Grübler) in dest. Wasser gelegt; hier wird schon in wenigen Minuten das überschüssige Blau ausgezogen, und die Schnitte erscheinen nun blaß rosa. Es folgt dann ein Überführen in dest. Wasser, in welchem sie sehr schnell wieder hell blau werden. Das Entwässern erfolgt in 95 %igem und ab-

solutem Alkohol, wobei ein Ausziehen des Farbstoffes nicht mehr zu fürchten ist, wenn die Präparate nicht übermäßig lange darin bleiben. Im Xylol, das ich zum Aufhellen verwende, kann man kontrollieren, ob die Färbung gelungen ist. Wenn das nicht der Fall sein sollte, gehe man zum dest. Wasser zurück, tauche dann nochmals in das konzentrierte Giemsa-Gemisch und differenziere wieder, wie oben angegeben, jedoch jenachdem länger oder kürzer als das erstemal, im Eosin. Wichtig ist dabei, daß die Eosinlösung stark genommen wird, und daß man zum Auswaschen stets frisches dest. Wasser nimmt.

Ich habe die vorstehende Schilderung nur gegeben, um einen Ersatz zu bieten, falls die Anwendung von Azeton nicht geraten erscheint; steht dessen Verwendung jedoch nichts im Wege, so ist die Schuberg'sche Methode entschieden vorzuziehen, weil sie einfacher ist und sicherer wirkt und nicht nur bei Mikro- sondern auch bei Myxosporidien in Anwendung kommen kann.

Zum Studium der pathologischen Veränderungen des Wirtsgewebes, verursacht durch die Infektion, wurden dann einzelne Serien auch mit Hämatoxylin-Eosin und besonders mit van Gieson'scher Lösung gefärbt; letztere Färbung wurde angewendet, um die Veränderungen und Wucherungen des Bindegewebes deutlich zu machen. Die damit erhaltenen Resultate waren ausgezeichnet und haben erst ein volles Verstehen der stattgehabten Veränderungen ermöglicht.

Henneguya psorospermica typica Thél. und Henneguya psorospermica oviperda Cohn.

Labbé hat in seiner Sporozoenmonographie im »Tierreich« (9.) folgende Subspezies von *Henneguya psorospermica* angenommen:

1. *Henneguya psorospermica typica* Thél.,
2. » » *texta* Cohn,
3. » » *minuta* Cohn,
4. » » *oviperda* Cohn,
5. » » *lobosa* Cohn,
6. » » *anura* Cohn

und ich selbst habe mich dieser Einteilung in meiner Cnidosporidien-Monographie (1.) angeschlossen und nur noch die *Henneguya psorospermica periintestinalis* Cépède hinzugefügt.

L. Cohn (5.), dem wir bisher die einzige größere Arbeit über unsere Parasiten verdanken, hatte jedoch eine andere Einteilung getroffen, er unterschied zunächst drei getrennte Arten:

1. *Henneguya* (*Myxobolus*) *psorospermica* s. str. von den Hechtkiemen,
2. » » *texta* von den Barschkiemen,
3. » » *minuta* von den Barschkiemen.

Zu *Henneguya psorospermica* stellte er dann als Varietät die Form aus den Hechtovarien als *Henneguya oviperda*, während er wieder *Henneguya lobosa* und *Myxobolus anurus* als besondere Spezies aufzufassen scheint. Neuerdings hat sich Wegener (16.) auf Cohns Standpunkt gestellt und vielleicht in bezug auf *Henneguya lobosa* nicht mit Unrecht, wie wir später noch sehen werden. Die Stellung des *Myxobolus anurus* ist noch zweifelhaft. Haben wir hier einen echten Myxobolus vor uns oder nur eine schwanzlose *Henneguya*? Ich glaube fast das Letztere, denn ich fand in typischen *Henneguya*-Cysten oft ganz schwanzlose und runde Formen (Vgl. Textfigur 1 f.), die ohne den Zusammenhang mit den geschwänzten Formen sicher als typische Myxobolussporen bezeichnet worden wären; auch lassen sich zwischen diesen schwanzlosen und den geschwänzten Sporen leicht alle Übergänge finden. Cohn (5.) ist sich über die Stellung der Spezies selbst auch nicht recht klar geworden, zumal es nicht sicher entschieden ist, ob nicht die von Lieberkühn auf den Hechtkiemen beschriebenen Cysten solche von *Myxobolus anurus* waren, Cysten deren Inhalt nach L. geschwänzte und ungeschwänzte Formen enthielt. Somit läßt sich nach unseren heutigen Kenntnissen die definitive Stellung der fraglichen Art noch nicht bestimmen.

Über *Henneguya texta* und *minuta* lag mir selbst kein Material vor, so daß ich mir kein eigenes Urteil bilden konnte. Es muß aber doch erwogen werden, ob die Unterschiede in Größe und Form der Cysten und die minimalen Abweichungen der Sporen voneinander nicht auf das Vorkommen in einem anderen Wirte (Barsch) zurückzuführen sind, und ob endlich die eigentümlichen plasmatischen Stränge in den Cysten von *Henneguya texta* nicht ähnliche Erscheinungen sind, wie wir sie später

bei alten und sehr starken Infektionen von *Henneguya psorospermica oviperda* kennen lernen werden. *Henneguya minuta* ist bisher nur ein einzigesmal bei einem Barsche gefunden worden; *Henneguya texta* fand Cohn (5.) einmal, Wegener (16.) unter 298 Barschen 11 mal, jedoch hat er leider anscheinend den mikroskopischen Bau der Cysten nicht näher untersucht, so daß wir, falls ich mich in letzter Annahme nicht irre, auch hier nur auf das eine Beispiel angewiesen sind. Die Klärung der Frage kann darum erst erfolgen, wenn ein umfangreicheres Material geprüft werden kann.

Die Frage der Gattungs- und Artangehörigkeit von *Henneguya lobosa* wollen wir später noch prüfen und so bleibt uns zu unserem eigentlichen Thema noch *Henneguya psorospermica typica* und *Henneguya psorospermica oviperda* übrig. Beide Formen scheinen in ihrem Vorkommen auf *Esox lucius* beschränkt zu sein, und zwar erstere auf die Kiemen, letztere auf das Ovarium.

Gefunden wurden bisher beide Parasiten an folgenden Örtlichkeiten:

1. *Henneguya psorospermica typica* im Frischen Haff, Kurischen Haff, Pregel und in den masurischen Seen (Cohn [5.], Wegener [16.]); im Neckar (Bütschli 4.); im Rhein (Auerbach 2, 3); im Vierwaldstätter-See (Nufer 10.); in Frankreich (Thélohan 15.).

2. *Henneguya psorospermica oviperda*[1] im Frischen Haff (Cohn 5.); bei Upsala (Cohn [5.] fide Lönnberg); im Neuchâteller See (Fuhrmann 6.); im Rhein bei Karlsruhe (Auerbach 3.).

Das Verbreitungsgebiet beider Spezies scheint sich demnach zu decken und ist ein sehr großes.

Die Sporen. (Textfigur 1.)

Bei Besprechung der Sporen können wir uns kurz fassen, da dieselben von früheren Autoren (Weltner 17., Cohn 5. u. a.) schon eingehend beschrieben wurden. Ich konnte, genau wie Cohn (5.), das absolute Übereinstimmen der Sporen von Kiemen-

[1] In meiner Arbeit: Unsere heutigen Kenntnisse über die geogr. Verbreitung der Myxosporidien (3.) ist das Vorkommen im Frischen Haff und bei Upsala leider aus Versehen weggelassen worden.

und Ovarialparasiten feststellen und kann den Satz Cohns (5.): »Die Sporen sind in den Größenmaßen sowohl als auch in der Form von denen des *Myxobolus psorospermicus* s. str. nicht zu unterscheiden; den von Weltner angegebenen Unterschied — den dünneren Schwanzanhang — konnte ich nicht konstatieren« nur unterschreiben.

Die bei meinen Präparaten gefundenen Sporenmaße stimmen mit den von Weltner (17.) gegebenen gut überein, sie betragen etwa:

Länge der Sporen mit Schwanz	26—32 μ (und darüber).
Ungeschwänzte Sporen . . .	16—18 μ.
Breite der Sporen	6—10 μ.
Länge der Polkapseln ca. . .	8—9 μ.

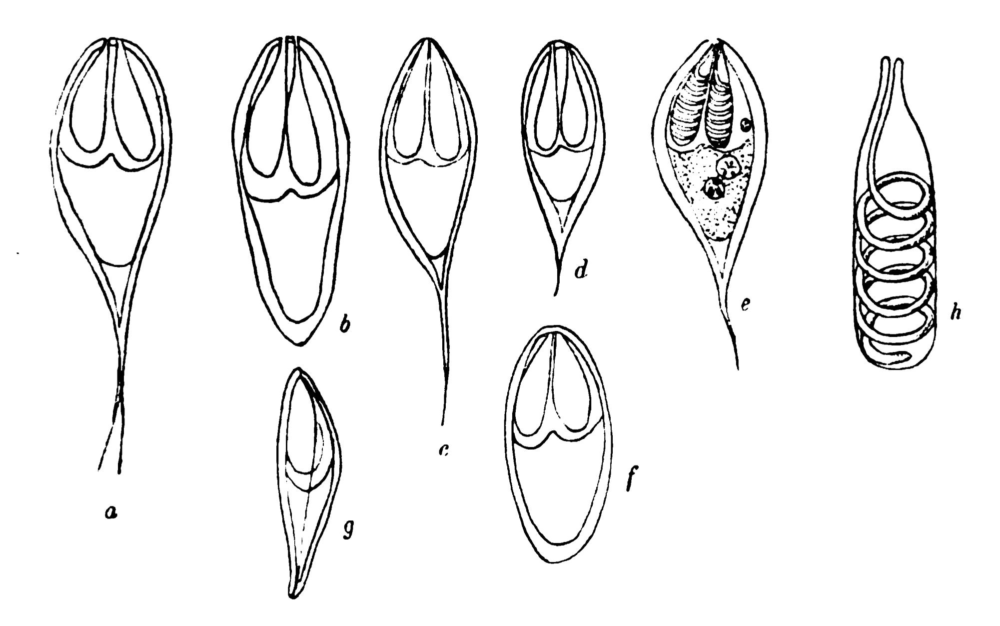
Die von Cohn (5.) und Wegener (16.) angegebenen Zahlen sind teilweise etwas größer; das hat aber keine Bedeutung, denn wir wissen ja, daß die Dimensionen der Sporen selbst in den gleichen Cysten sehr beträchtlich schwanken können.

Neben den normalen geschwänzten Sporen kommen nun bei beiden Parasiten auch ganz ungeschwänzte vor, und sowohl solche von etwas unregelmäßiger wie auch ganz regelmäßig elliptischer Gestalt (vgl. die Konturenzeichnungen Textfigur 1), wie sie für *Myxobolus anurus* Cohn charakteristisch sein würde; allerdings sind diese elliptischen Formen viel seltener wie die unregelmäßigen. Zwischen geschwänzten und ungeschwänzten Sporen lassen sich alle Übergänge auffinden; der Schwanzanhang kann ziemlich scharf abgesetzt sein oder allmählich in den Körper übergehen; auch hierin finden sich alle möglichen Variationen. Die Zahl der geschwänzten und ungeschwänzten Sporen in der gleichen Cyste hält sich so ziemlich das Gleichgewicht, es mag bei dem Ovarialparasiten vielleicht ein etwas größerer Prozentsatz ungeschwänzt sein wie beim Bewohner der Kiemen.

In der Ansicht von der Seite (Textfigur 1 *g*) zeigt sich die eine Sporenschale etwas stärker gewölbt wie die andere, eine Tatsache, auf die schon Weltner (17.) aufmerksam gemacht hat.

Im Amoeboidkeim findet sich eine jodophile Vacuole und meist zwei Kerne.

Die Polkapseln sind lang und schmal und liegen sehr oft fast parallel zu einander, ihre Ausmündung geschieht in gesonderten feinen Öffnungen am vorderen Ende der Schale. In den Polkapseln liegt der Polfaden aufgerollt. Es war mir möglich, an einer größeren Zahl von Sporen die Art der Aufrollung des Polfadens zu sehen und zu erkennen, daß sie mit Sicherheit eine andere ist, wie sie Stempell (14.) für *Nosema bombycis* Nägeli klarlegen konnte. Der Faden legt sich von vorne an direkt in



Figur 1
Verschiedene Sporenformen von *Henneguya psorospermica* Thél. aus Kiemen- und Ovarialcysten.

a—c aus Formol, *d—f* gefärbt, *g* von der Seite, *h* Schema der Aufrollung des Polfadens in der Polkapsel. *a—g* Ap. Imm. 2 mm. Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. (Originale um $^1/_5$ verkleinert.)

Schleifen, wie eine Spirale; ein die ganze Länge der Polkapsel zunächst durchsetzender Achsenfaden findet sich hier also nicht (vgl. Textfigur 1 *h*). Wiederholt konnte ich den festen Zusammenhang, oder besser das Übergehen des Polfadens in die Wand der Polkapsel feststellen, ein leichtes Abreißen des Fadens, wie es Keysselitz (8.) für *Myxobolus pfeifferi* Thél. beschreibt, habe ich niemals finden können.

Die vegetativen Formen.

Wenn wir zunächst nur die reinen vegetativen Formen betrachten, ohne ihren Sitz in Kiemen oder Ovarien zu berücksichtigen, so können wir von vorneherein betonen, daß sie bei Kiemen- und Ovarialschmarotzern absolut identisch sind. Über die Größe der verschiedenen Cysten und ihre Form will ich im folgenden Abschnitte berichten; hier wollen wir nur den mikroskopischen Bau ins Auge fassen, ohne Berücksichtigung der sekundär vom Wirte gebildeten Hüllen, die auch später zu betrachten sein werden.

Als äußere Schicht des vegetativen Myxosporidienkörpers finden wir einen 3—4 μ dicken Saum von Ectoplasma, das allmählich sich nach innen zieht. Mit Giemsa färbt es sich ganz blaß rosa. Meist ist eine besondere Struktur nicht zu erkennen, manchmal findet man auch eine recht grobe radiäre Streifung, wie sie ja auch schon bei anderen Myxosporidien beschrieben wurde. Irgendwelche Differenzierungen der Oberfläche des Ectoplasmas habe ich nicht gefunden.

Die äußeren Schichten des Entoplasmas unterscheiden sich vom Ectoplasma nicht; die Grenze beider wird nur hergestellt durch das Auftreten von Kernen und Pansporoblasten, was etwa in einer Entfernung von 3—4 μ von der Oberfläche erfolgt. Die zentralen Partien größerer Cysten scheinen aber kein normales Plasma mehr zu enthalten, es ist verflüssigt und enthält neben Kernen und Pansporoblasten in verschiedenen Stadien hauptsächlich die ausgebildeten Sporen.

Cohn (5.) schildert den Bau der Cysten folgendermaßen:

»Der Eihülle liegt eine mäßig breite Schicht des die Innenlamelle bei anderen Myxobolen bildenden Plasmas an; hierauf folgt eine mit kleinen Myxobolenkernen gefüllte Plasmazone, die in eine Lage von Sporoblasten, untermischt mit Sporen, übergeht; die Hauptmasse der Sporen liegt, wie überall, im Zentrum . . .«

Diese Schilderung stimmt nun mit den Bildern, wie sie uns die fortgeschrittenen modernen Hilfsmittel zeigen, nicht mehr ganz überein. Die äußerste Schicht unter dem Ectoplasma enthält allerdings auch einzelne freie Kerne, im wesentlichen aber wird sie gebildet von einkernigen Pansporoblasten und den sich an diese anschließenden weiteren Entwicklungsstadien, während dann nach innen

zu die älteren Pansporoblasten folgen. Die Trennung der verschiedenen Altersstufen ist allerdings keine scharf durchgeführte, und wir können also auch einkernige Pansporoblasten mehr im Zentrum der Cysten finden; im großen und ganzen ist die Lagerung aber doch so, wie ich sie oben angab.

Die freien Kerne sind verhältnismäßig klein; sie haben einen Durchmesser von etwa 1,5—2 μ. Ihre Vermehrung scheint mir durch direkte Teilung zu geschehen, wenigstens habe ich sehr häufig Bilder gefunden, die mich an gleiche Vorgänge bei Mikrosporidien erinnerten (vgl. Tafel II, Figur 8).

Den Modus der Sporenbildung habe ich an meinem gut fixierten und gefärbten Material in seinem ganzen Verlaufe verfolgen können. Ich verzichte aber an dieser Stelle darauf, auf die Schilderung der fraglichen Vorgänge einzugehen und behalte mir einen Vergleich meiner Funde mit denjenigen von Keysselitz und Mercier bei *Myxobolus pfeifferi* vor. Auf Tafel II Figur 6 habe ich einige Bilder, welche die betreffenden Vorgänge zeigen, wiedergegeben.

Sitz der Parasiten im Wirtsorganismus.

a. *Henneguya psorospermica typica* Thél. Dieser Parasit hat seinen Sitz bekanntlich in den Kiemenplättchen von *Esox lucius*. Cohn (5.) sagt darüber folgendes:

»Die rein weiße Cyste ist schwach elliptisch, indem die beiden Durchmesser im Mittel betragen:

Länge 1,25 mm, Breite 1,00 mm.«

»Wenn man die Dicke des umlagernden Epithels abzieht, so erhält man die absolute Größe der Cyste:

Länge 1,15 mm, Breite 0,85 mm.«

»Die Cyste liegt unter dem Epithel, ohne den Knorpelstab zu erreichen. Die Blutgefäße wölben sich um sie herum; der Parasit quillt zwischen denselben, wie bei *Myxobolus mülleri*, niemals hervor. Die Cyste besteht aus einer äußeren, vom Wirt gebildeten Schicht mit kleineren, länglichen Kernen, die nicht dicht stehen; . . .«. »Die Cyste öffnet sich im Wasser schon nach ca. ½ Stunde.«

Dieser Beschreibung ist nur sehr wenig beizufügen. Wegener (16.) gibt folgende Maße:

Längsdurchmesser 1,5—2 mm, Querdurchmesser 1,1—1,5 mm.

Ich habe Cysten mikroskopisch gemessen und fand als reine Cystenmaße, d. h. ohne Berücksichtigung des Epithels:

Länge ca. 1,8 mm, Breite ca. 1,1—1,2 mm.

Zu diesen Maßen ist jedoch noch zu bemerken, daß solche Cysten, die äußerlich als ganz einheitlich erscheinen, sich auf Schnitten oft als aus zwei Einzelcysten zusammengesetzt dokumentieren, so ergibt sich dann für die obige Cyste folgendes Maß für jede Hälfte:

Länge ca. 0,88 mm, Breite 1,1—1,2 mm.

Die von Cohn (5.) beschriebene, vom Wirte gebildete Cystenhülle besteht aus einigen wenigen Lagen Bindegewebe, das die Parasiten allseitig umzieht und zwischen ihm und dem Kiemenepithel gelegen ist. Bei der eben beschriebenen Doppelcyste waren deren beide Komponenten fest aneinandergepreßt, so daß die angrenzenden Flächen ganz abgeplattet waren; zwischen beiden aber war ein ganz dünner, ununterbrochener Strang von Bindegewebe auf allen Schnitten nachzuweisen; ein Durchbruch der Scheidewand und als Folge ein Ineinanderfließen der beiden Cysten war nicht eingetreten.

In bezug auf den Sitz der Tumoren am Kiemenplättchen kann ich das schon Bekannte nur bestätigen, es wird anscheinend ausschließlich die Plättchenbasis und ihre Mittelpartie als Ort gewählt, an der Spitze der einzelnen Lamellen habe ich Cysten nie gesehen.

b. *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn. Konnten meine Untersuchungen der Kiemenparasiten nichts Neues aufdecken, so gilt in bezug auf den Schmarotzer der Ovarien nicht das gleiche. Von allen bisherigen Autoren wird als ein Hauptort der Infektion das Ovarialei, z. T. in seinen verschiedenen Altersstadien angegeben. Ich halte es für angezeigt, zunächst hier die betr. Stellen *in extenso* zu zitieren. Der Entdecker unseres Schmarotzers, Weltner (17.) sagt:

»Der Rogen zeigte eine Menge milchweiß gefärbter Eier, deren Inhalt aus den Sporen von Myxosporidien, aus einer körnigen Masse und aus wenig Dotterkörnern bestand.«

Ähnlich spricht sich Cohn (5.) aus:

»Bei dieser Spezies kann man von einer eigentlichen Cyste nicht sprechen: das Myxosporid liegt nackt in der Eihülle, deren Inhalt vollkommen schwindet. Der Eihülle liegt eine mäßig breite Schicht des die Innenlamelle bei anderen Myxobolen bildenden Plasmas an; hierauf folgt eine mit kleinen Myxobolenkernen gefüllte Plasmazone, die in eine Lage von Sporoblasten, untermischt mit Sporen, übergeht; die Hauptmasse der Sporen liegt, wie überall, im Zentrum, die Eihülle aber nie so dicht füllend wie die Cysten. Man möchte fast annehmen, daß der Parasit ein gewisses Größenmaximum, das die volle Eigröße nicht erreicht, niemals überschreitet.«

»Das Fehlen einer eigentlichen Cyste kann nicht für ein Merkmal von genügender Bedeutung gelten, um die Art als selbständige Spezies zu charakterisieren; die vom Parasiten überall gebildete innere Cystenmembran aus verdichtetem Plasma ist auch hier vorhanden, und wenn eine kernhaltige Außenschicht fehlt, so erklärt sich das daraus, daß die geschlossene Eihülle die Bildung einer solchen zwecklos machte.«

In seiner Figur 28 Tafel 18 gibt der Autor dann noch ein Bild eines solchen infizierten Eies. Wir werden auf diese Figur noch zu sprechen kommen.

Am ausführlichsten beschäftigt sich Fuhrmann (6.) mit der Art der Infektion, er unterscheidet zwei Arten derselben; doch lassen wir ihn zunächst selbst berichten:

»Die Krankheit des Keimstockes trat an den Hechten des Neuenburger Sees in zwei Formen auf. Die gewöhnliche Art der Krankheitserscheinung ist wohl (?) die von obigen Autoren (Weltner, Cohn, Hofer) beobachtete. Es waren die Eier des Ovariums in größerer oder geringerer Zahl milchig-weiß erfüllt von den Sporen des Parasiten. Betrachten wir nun die Keimdrüse näher, so bemerken wir, daß nicht nur ein Teil der reifen Eier vom Plasmakörper des Parasiten erfüllt ist, sondern auch eine ebenso große, vielleicht noch größere Zahl junger, noch sehr kleiner Eier, angegriffen ist, welche so die Wandung des Keim-

stockes weiß punktiert erscheinen lassen[1]. Die Frage, ob die Eier jeden Entwicklungsstadiums von Henneguya angegriffen werden oder ob es vorzugsweise die jungen sind, wobei dann das Plasmodium in ihnen heranwächst, bis die Eihülle ungefähr die Größe des reifen Eies angenommen, war nicht zu entscheiden.«

»Die Eihüllen der jungen Eier sind weniger resistent und lassen gewiß den Keimling oder Sporozoiten leichter eindringen, als dies bei den reifen Eiern mit ihren verhältnismäßig dicken Schalen möglich ist. Ich glaube deshalb, daß die zweite Infektionsmöglichkeit mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat.«

Was nun die zweite Form der Krankheitserscheinung anbetrifft, so zeigt sie einen sehr auffallenden Charakter. Öffnet man durch einen Längsschnitt das Ovarium, so bemerkt man in der Mitte desselben einen braunen, dicken, knotigen Strang (stellenweise bis 5 mm Durchmesser), welcher das ganze Ovarium durchzieht; derselbe zeigt feine Abzweigungen, an welchen ebenfalls mehr oder weniger zahlreiche braune Knötchen, ungleich verteilt, auftreten. Betrachtet man eine solche Verzweigung näher, so bemerkt man, daß dieselbe nichts anderes als die feinen Blutgefäße sind, an welchen braune Sporozoencysten die obengenannten Knötchen bilden. Zieht man ein solches feines Gefäß aus den mit Eiern besetzten Lamellen des Ovariums, so hat dasselbe, um einen etwas drastischen Vergleich anzuwenden, das Aussehen der Wurzel einer Kartoffelpflanze, indem am Gefäße und seinen Verzweigungen zahlreiche braune Knötchen hängen. Untersuchen wir dieselben unter dem Mikroskop, so sehen wir aber, daß ein solches Knötchen nur selten aus einer einzelnen Cyste besteht, sondern daß sie gewöhnlich aus mehreren, durch Bindegewebe von einander getrennte, sphärische oder leicht ovale, von Sporen erfüllte Plasmodien umschließt, welche bis 1 mm Durchmesser haben, während das ganze Gebilde bedeutend größer sein kann (5 bis 6 mm im Maximum). Bei dieser Art der Erkrankung finden sich keine oder nur wenige weiße Bläschen im Keimstock, dagegen zeigen die Eier ein eigentümliches Aussehen, sie sind blaß graulich, trübe und sehr leicht zerdrückbar und machen den Eindruck schlechten Ernährungszustandes, was nicht erstaunlich,

[1] »Bei drei der untersuchten Ovarien waren sozusagen alle Eier von dem Parasiten angegriffen, bei den anderen 50 bis einige Hundert.«

wenn wir die dichte Umhüllung der zentralen Gefäße und ihrer Verzweigung mit Sporozoen-Cysten betrachten.«

»Es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob die Parasiten der weißen Eier und die der braunen Knötchen dieselben sind. Die Untersuchung hat ergeben, daß dies wirklich der Fall ist. Im ersteren Falle liegt die Plasmamasse des Parasiten im Ei und bildet dessen Membran, die namentlich deutlich bei reifen Eiern, die Umhüllung derselben. Im zweiten Falle dagegen liegen die ebenfalls sphärisch oder oval gestalteten Parasiten mit ihren Sporen in der Gefäßwand und hier ist es das Bindegewebe derselben, welches sie umschließt. In der Tat scheint in beiden Fällen das Plasmodium ein nacktes zu sein und also keine eigene Cystenwand zu bilden. . . . .«

Wenn wir von dem zuletzt von Fuhrmann geschilderten Infektionsmodus zunächst absehen, so stimmen die drei zitierten Autoren darin durchaus überein, daß die vegetative Form ihren Sitz in der Eizelle selber habe. Was zeigen nun meine eigenen Funde?

Betrachtet man ein infiziertes, schon ältere Eier enthaltendes Ovarium makroskopisch, so muß der erste Eindruck allerdings der sein, daß die Eier selbst infiziert sind. Die milchig weißen Cysten haben etwa die Größe der älteren Eier und besitzen auch sehr oft ihre kugelige Form. Sieht man aber genauer nach, so wird man auch Infektionsherde finden, die nicht kugelig, sondern mehr unregelmäßig gestaltet sind. Ich hielt diese Herde, da ich anfänglich auch der Meinung obiger Autoren war, für solche, bei denen die Eihülle vielleicht durch den inneren Druck des Parasiten gesprengt worden sei. Bei Herstellung von Zupfpräparaten fiel mir nun einmal auf, daß die Cysten außerordentlich leicht einrissen und ihren Inhalt nach außen ergossen, dann aber besonders, daß ich im zerzupften Materiale niemals Bruchstücke der Eihülle entdecken konnte. Dieses Resultat hatte ich nicht nur bei dem von mir selbst gesammelten und konservierten Materiale, sondern auch bei den Ovarien, die mir Prof. Fuhrmann gesandt hatte.

Kompliziert wurde die Frage dann noch dadurch, daß ich auf Schnitten durch solche ganz große Cysten einmal nie mit Sicherheit außen eine Eihülle auffinden konnte und dann auch niemals Überreste von Dotter fand; kurz die gefundenen Bilder

waren ganz andere als die Infektionen von Fischeiern z. B. mit Mikrosporidien ergaben; hier war außen doch wenigstens stets die Eihülle ohne Schwierigkeit nachzuweisen.

Allerdings glaubte ich anfangs, auf Schnittpräparaten die Eischale gefunden zu haben, es lag nämlich stets außen herum ein etwa 3—4 μ dicker Saum, auf den nach innen unmittelbar die Schicht der einkernigen oder jüngeren Pansporoblasten, nach außen dagegen Bindegewebe folgte. Dieser Befund war schon verdächtig; wo war in diesem Falle das Ectoplasma des Parasiten und andererseits das Follikelepithel des Ovariums?, waren beide infolge des Druckes verschwunden? Ein Vergleich des fraglichen Saumes mit Hüllen gesunder Eier, die sich im gleichen Schnitte fanden, ergab nun zweifellos, daß beide Gebilde nicht identisch sein konnten. Mit Giemsa färbt sich die Eihülle intensiv gelbrot und zeigt bei starker Vergrößerung sehr deutlich eine ganz zarte radiäre Streifung; der fragliche Saum war dagegen stets blaß rosa gefärbt und hatte recht grobe radiäre Streifung; zudem war seine Grenze gegen den Parasiten keine scharfe und es wurden Stellen gesehen, an denen in ihm einzelne Pansporoblasten lagen. Der Verdacht war also naheliegend, daß das fragliche Gebilde die Ectoplasmaschicht des Parasiten wäre, und daß dieser nackt in der früher vom Ei eingenommenen Höhlung liege. Wo war dann aber das Ei geblieben, war es ganz resorbiert oder verdrängt worden?

Diese Frage sollte mir nach monatelangem vergeblichem Suchen durch neue, sehr gut konservierte und gefärbte Präparate beantwortet werden. An ihnen fand ich zunächst einwandfrei, daß tatsächlich das Ectoplasma der Cyste eine wie oben beschriebene grobe, radiäre Streifung haben kann, und daß es sich mit Giemsa blaß rosa färbt. Ein Blick auf Figur 1 Tafel I klärt uns nun aber auch über das Schicksal des Eies auf. Wir sehen im rechten Teile der Figur eine größere Cyste von *Henneguya*, die oben, unten und rechts außen mit ihrem Ectoplasma direkt an das Bindegewebe der Septen zwischen den einzelnen Eiern stößt; links hingegen sitzt dem Parasiten kappenförmig das zusammengedrückte Ei auf, dem in seiner ursprünglichen Höhle nur ein kleiner Raum geblieben ist; eine Eihülle ist in unserem speziellen Falle vom Follikelepithel noch nicht abgesondert worden, im gleichen Schnitte lagen aber noch zwei ganz ähnliche Cysten,

bei denen das comprimierte ältere Ei schon eine deutliche Membran hatte, die nur wenig dünner war wie das Ectoplasma des Parasiten. Wir können auf der Figur auch den Verlauf des Follikelepithels verfolgen; dasselbe geht nicht außen um den Parasiten herum, sondern ist wie das Ei eingedellt und liegt also als einzellige Schicht an der Berührungsfläche zwischen Schmarotzer und Ei. Bei älteren Stadien setzt sich also die Berührungsfläche zusammen aus Eidotter-Eihülle-Follikelepithel-Ectoplasma der Parasiten, Schicht mit jungen Pansporoblasten. Die Umschlagstelle des Epithels ist an Figur 1 Tafel I an den mit † bezeichneten Stellen deutlich zu sehen; sie ist noch überzeugender in der bei ca. 2500:1 gezeichneten Figur 2, die eine solche mit † bezeichnete Ecke eines anderen Eies darstellt.

Der Dotter des zusammengedrückten Eies ist in Auflösung begriffen, und wenn der Parasit noch wächst, muß das Ei schließlich vollkommen zusammengedrückt werden und nach und nach verschwinden. Tatsächlich habe ich an alten Cysten an einer Seite Stellen gesehen, die ich nur für solche Überreste der Eier halten kann.

Nach meinen Funden bin ich daher gezwungen, anzunehmen, daß mindestens in sehr vielen Fällen der Sitz der *Henneguya* nicht das Ovarialei des Hechtes sei. Ich glaube vielmehr, daß die Entwicklung der Cysten sehr oft folgendermaßen vor sich geht:

Mit dem Blut- oder Lymphstrom gelangen die kleinen Keime ins Ovarium, durchsetzen hier die Wandungen der Capillaren und gelangen in das bindegewebige Stroma desselben. Ich glaube auch, solche Keime im Bindegewebe gefunden zu haben. Figur 7 Tafel II zeigt einige derselben und zum Vergleiche ein weißes Blutkörperchen, bei dem der andere Färbungscharakter des Kernes deutlich ist; ich habe im gesunden Hechtblute auch nie Gebilde gefunden, die mit den von mir als vegetative Formen angesehenen Zellen in bezug auf Bau und Färbung übereingestimmt hätten. Diese Keime nun gelangen an eine Eihöhlung und fallen in den Spalt zwischen Bindegewebe und Follikelepithel; es war mir einmal möglich, solche fragliche Keime an dieser Stelle zu sehen, jedoch muß die Möglichkeit zugegeben werden, daß sie beim Schneiden oder Aufkleben der Schnitte an diese Stelle gelangten, darum will ich diesem Bilde keinen größeren Wert beimessen.

Im Spalt zwischen Bindegewebe und Follikelepithel wachsen die Keime zu Cysten heran und komprimieren nach und nach bei ihrer Größenzunahme das mit ihnen in der gleichen Höhlung gelegene Ei. Nur auf diese Art lassen sich die von mir gefundenen Bilder erklären. Gesetzt nämlich, die Cyste wäre ein vom komprimierten Ei ganz verschiedenes zweites Ei, so müßten doch außen noch entweder Follikelepithel oder wenigstens die Eihülle erhalten sein und die Berührungsfläche müßte zwei Eihüllen, zwei Lagen Follikelepithel und in der Mitte einen Bindegewebestrang enthalten, falls man nicht annehmen will, daß alle diese Gebilde an dem infizierten Ei geschwunden seien, und hiergegen sprechen einmal die Funde der mit Mikrosporidien infizierten Eier, bei denen die Eihülle erhalten ist, und zweitens zeigten uns die oben beschriebenen Cysten der Kiemen, daß auch bei starker Aneinanderpressung immer noch ein dünner Strang Bindegewebe erhalten bleibt.

Das ganze Aussehen aller von mir in den gleichen Schnitten gefundenen Cysten weist auch darauf hin, daß Cyste und Ei in einer gemeinsamen, einheitlichen Höhle liegen; das Bindegewebe zieht glatt und ohne Unterbrechung außen um beide Gebilde herum (s. Figur 1 Tafel I).

Aus gleichen Gründen ist auch ein primärer Sitz der jungen Cysten zwischen Follikelepithel und Eihülle auszuschließen, weil eben sonst erstere um Cyste und Ei eine gemeinsame Hülle bilden müßte. Bilder, die etwas derartiges vortäuschen können, habe ich da und dort auch gesehen; nach eingehenden Vergleichen mit gesunden Eiern aber und durch Anwendung stärkster Vergrößerungen kann ich, für meine Präparate wenigstens, dies mit aller Sicherheit ausschließen.

Wie lassen sich nun meine Funde mit denen der anderen Autoren in Einklang bringen? Es gibt da zwei Möglichkeiten; es kann die Wahrscheinlichkeit nicht bestritten werden, daß u. U. auch die Eier von den vegetativen Formen direkt befallen werden. In diesem Falle hätten wir also zwei Infektionsmodi, einmal Bildung der Cysten außerhalb des Eies und allmähliche Verdrängung des letzteren, und dann direkte Infektion der Eizelle. Ich bin weit davon entfernt, diese letztere Möglichkeit nun einfach ableugnen zu wollen; ich halte es vielmehr besonders für junge Eier nicht für ausgeschlossen, daß ein solcher Modus tat-

sächlich eintreten kann. Nur muß ich dann auf den großen Zufall hinweisen, daß es mir bei meinem so reichen Material, das aus ganz verschiedenen Gegenden stammte, nie möglich war, auch nur eine einzige infizierte Eizelle aufzufinden.

Die zweite Erklärungsmöglichkeit ist die, daß die früheren Autoren sich einmal durch den äußeren Anblick der Cysten täuschen ließen, und dann auf ihren Schnitten das Ectoplasma der *Henneguya* für die Eihülle hielten, ein Irrtum der nach meinen obigen Ausführungen durchaus zu verstehen ist, denn nur durch besonders glückliche Umstände konnte ich mich selbst von demselben befreien [1].

Cohns (5.) Abbildung eines infizierten Eies ist nicht so ausgeführt, daß wir aus ihr etwas schließen könnten. Histologische Details sind nicht eingezeichnet, und ich kann folglich nicht entscheiden, ob das, was Cohn als Eihülle annimmt, wirklich diese oder aber die äußerste Schicht des Cystenectoplasmas ist; wo ist auf der Zeichnung die Andeutung des Follikelepithels, das bei einem so großen Ei doch deutlich vorhanden sein sollte?

Wie verträgt sich endlich der zweite von Fuhrmann beschriebene Infektionsmodus mit meinen Funden? Ich glaube sehr gut. Aus dem gegebenen Zitate haben wir ersehen, daß in diesem Falle der Sitz des Parasiten im Bindegewebe ist. Wenn Fuhrmann (6.) nun annimmt, daß die Cysten in der Gefäßwandung selbst säßen, so kann ich dem nicht beistimmen. Schnittserien durch die verschiedensten Teile des in Figur 3 Tafel I abgebildeten diesbezüglichen Materials von Fuhrmann zeigen mir vielmehr, daß die Gefäße mit ihrer Wandung intakt sind; die Cysten sitzen im Bindegewebe, das die Gefäße begleitet und in die Ovariallamellen hineinzieht, und der Parasit geht mit dem Bindegewebe mit in diese Lamellen. Der Umstand, daß gerade die Umgebung der Blutgefäße so kolossal stark infiziert ist, spricht wohl sicher dafür, daß der Transport der Keime mit dem Blutwege erfolgte; sie durchsetzten dann die Gefäßwand, gelangten ins Bindegewebe und entwickelten sich hier nun teilweise in Spalten desselben in ziemlich unregelmäßigen, manchmal auch lang bandförmigen

[1] Auch in der Ansicht von der Fläche kann die Täuschung in Erscheinung treten, und erst ein genauer Vergleich wird zeigen, daß die durch die radiären Kanäle der Eihülle verursachte Punktierung eine viel feinere ist wie beim Ectoplasma.

Cysten, oder aber sie kamen in eine Eihöhle und verursachten dann hier die Bilder, die ich auf den voraufgehenden Seiten geschildert habe [1].

Nehmen wir die von Fuhrmann und mir beschriebene Art der Infektion als die gewöhnliche, normale an und geben nur zu, daß auch u. U. ein Befallenwerden der Eizellen eintreten kann, so dokumentiert sich die *Henneguya psorospermica oviperda* als ein spezifischer Schmarotzer des Bindegewebes; damit aber fällt der einzige Unterschied gegenüber dem Bewohner der Kiemenplättchen fort, denn auch dieser hat ja seinen Sitz unter dem Epithel im Bindegewebe und bildet runde, weiße Cysten, die sich im Aussehen und Bau in nichts von denen des Ovariums unterscheiden. Daß der Bau der Sporen in beiden Cystenarten der gleiche ist, haben wir früher schon gesehen. Endlich mag noch bemerkt werden, daß gleichzeitige Cysten auf Kiemen und im Ovarium beim gleichen Individuum auftreten können. Diese Tatsachen nun aber drängen uns die Frage auf, ob wir noch irgend eine Veranlassung haben, den Bewohner der Ovarien von dem der Kiemen wenn auch nur als Varietät oder Subspezies abzutrennen. Ich glaube nicht; wissen wir doch, daß Myxosporidien, ich nenne als Beispiele nur *Myxobolus mülleri* Btschli. und *Myxobolus pfeifferi* Thél., ganz verschiedene Organe des gleichen oder verschiedener Wirte bewohnen können, und darum halte ich es für durchaus angebracht, wenn wir in Zukunft die *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn als typische *Henneguya psorospermica* ansehen. Wie es sich mit den übrigen Subspezies verhält, muß, wie gesagt, weiteren Untersuchungen zur Entscheidung vorbehalten bleiben.

Es sei mir nun noch gestattet, in ganz kurzen Worten auf die pathologischen Veränderungen einzugehen, die der Schmarotzer im Hechtovarium verursacht.

Die erste Erscheinung, welche vielleicht mit dem Auswandern der Keime aus den Blutgefäßen und ihrem Eindringen in das Bindegewebe zusammenhängt, ist eine Entzündung in letzterem. Ein solcher Entzündungsherd, kenntlich durch die Rundzellen-

[1] Ob von den Keimen vielleicht als allererste Infektion zunächst eine Bindegewebezelle infiziert wird, die dann beim Wachstum des Parasiten zugrunde geht, kann als möglich angenommen werden; einen Anhaltspunkt dafür haben wir vorläufig nicht.

infiltration, ist auf Tafel I Figur 1 ziemlich in der Mitte zu sehen. Ich glaube, daß die Entzündung mit dem Einwandern der Keime ins Gewebe zusammenhängt, weil ich im entzündeten Herde unter den Rundzellen auch andere Zellen fand, die sich im Bau von den Leucocyten unterschieden und in der Art der Färbung mit den Kernen und Pansporoblasten in den Parasitencysten übereinstimmten (Tafel II Figur 7). Im entzündeten Gewebe ist die Zahl der Blutgefäße vermehrt und ganz besonders tritt eine starke Hyperplasie des Bindegewebes ein. Während nämlich im normalen Ovarium zwischen den einzelnen Eiern, seien es nun junge oder alte, nur ganz dünne Bindegewebssepten verlaufen, sind diese in der Umgebung der Entzündungsherde sehr stark verdickt (siehe Tafel I Figur 1). Eine weitere Veränderung der Gewebe tritt zunächst nicht ein; es scheint das nur zu erfolgen, wenn die Infektion eine sehr starke und oft wiederholte war, wie es z. B. für die Fuhrmannschen Fälle zutreffen dürfte. In diesen Beispielen sieht man, daß das Bindegewebe überall einmal stark hyperplastisch wird und zugleich stark hyalin degeneriert; man findet breite, unregelmäßig gezackte, hyaline Gewebemassen, die keine Struktur mehr aufweisen und sich mit van Gieson, wie auch das andere Bindegewebe, intensiv rot färben. Die glatte Muskulatur der Ovarialwandung wird dabei nicht in Mitleidenschaft gezogen; die Verdickung geschieht vielmehr nur auf Kosten des Bindegewebes. Durch die geschilderte Hyperplasie kommen dann Bildungen zustande, wie sie uns Fuhrmann (6.) beschrieben hat, und wie ich auch eine auf Tafel I Figur 3 wiedergegeben habe.

Im hyperplastischen und hyalin degenerierten Bindegewebe können nun die *Henneguya*-Cysten liegen (Tafel I Figur 4) und es zeigt sich, daß in ältere Cysten, die ja nackt im Gewebe liegen, die Bindegewebszüge hineinwachsen (Tafel I Figur 4). Je nach dem Alter der Cysten sind diese Wucherungen stärker oder schwächer; in Begleitung der Bindegewebsfibrillen befinden sich auch Blutgefäße; die ganze Gegend zeigt das Bild einer typischen Entzündung. Ich glaube, daß all diese Erscheinungen auf eine Reaktion des Wirtsgewebes zurückzuführen sind, zum Zwecke der allmählichen Resorbtion der parasitären Massen.

Betrachtet man die Figur 26 und 27, Tafel 18 von Cohn (5.), welche Cysten der ***Henneguya texta*** in den Kiemenplättchen von *Perca fluviatilis* darstellen, so drängt sich einem unwillkürlich

der Vergleich mit den eben von mir beschriebenen Bindegewebswucherungen des Wirtsgewebes in die Cysten hinein auf. Sollten wir es nicht hier vielleicht mit ähnlichen Erscheinungen zu tun haben, so daß der merkwürdige Bau der Cysten nicht auf eine besondere Parasitenspezies, sondern auf eine Reaktion des Wirtsgewebes zurückzuführen wäre? Bestärkt könnte man in dieser Annahme werden durch Cohns (5.) Angabe, daß die Cystenwand aus einer verhältnismäßig dicken, vom Wirtsgewebe stammenden äußeren Lamelle gebildet werde. Leider sind auch diese Figuren nicht so gezeichnet, daß man aus ihnen irgend welche bestimmten Schlüsse ziehen könnte.

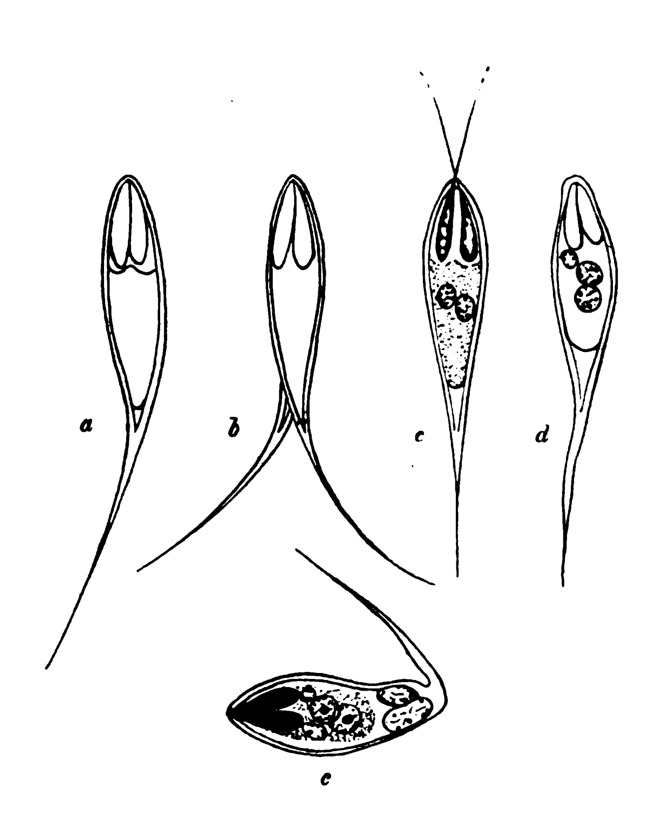
Henneguya? lobosa Cohn. (Textfigur 2.)

Dieser Parasit gehört zu den seltenen Formen; Cohn (5.) fand ihn im ganzen nur auf zwei Hechten und auch Wegener (16.) konnte ihn nur zweimal auf den Kiemen von 128 Hechten nachweisen. Ich selbst gelangte am 10. III. d. J. in Besitz eines ca. 40 cm langen weiblichen Hechtes, dessen linke Kiemen mit einer größeren Zahl von Cysten unseres Parasiten besetzt waren. Damit wird das Verbreitungsgebiet unseres Schmarotzers ganz bedeutend erweitert, denn bisher war er nur aus dem Frischen Haff und vielleicht dem Pregel bekannt (Cohn 5., Wegener 16.). Das Vorkommen im Rhein bei Karlsruhe macht es sehr wahrscheinlich, daß auch in den übrigen europäischen Flußgebieten, in denen *Esox lucius* vorkommt, sich unser Parasit wird nachweisen lassen.

In bezug auf den Bau der Cysten und Sporen kann ich nicht viel Neues verzeichnen. Die von mir gefundenen milchweißen Cysten saßen auf dem Ende der Kiemenplättchen, waren teilweise stark gelappt und hatten eine Länge von etwa 2,5 mm (Tafel I Figur 5); dieses Maß hält die Mitte der von Cohn (5.) und Wegener (16.) gegebenen Zahlen.

Auf Längs- und Querschnitten durch die Cysten ergeben sich gegen diejenigen von *Henneguya psorospermica* einige Unterschiede. Der Sitz im Gewebe ist der gleiche wie bei jenem Schmarotzer, auch die bindegewebige Hülle des Wirtes zeigt keinen Unterschied. Dagegen weicht der Bau der eigentlichen vegetativen Form ziemlich erheblich von demjenigen des früher

beschriebenen Schmarotzers ab. Das Ectoplasma, das in einer Dicke von 2—3 μ auftritt, färbt sich auf allen meinen Präparaten, die genau so fixiert waren wie diejenigen von *Henneguya psorospermica*, mit Giemsa nicht blaß rosa wie dort, sondern hellblau dieser Farbenton ist mir bei *Henneguya psorospermica* niemals vorgekommen, obgleich bei ihr doch ganz verschiedene Fixierungen verwendet worden waren.



Figur 2

Sporen von *Henneguya? lobosa* Cohn.

a und *b* frische; *c*, *d*, *e* gefärbt; *e* junge Spore. Ap. Oel-Immersion 2 mm, Comp Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. (Originale um $^1/_5$ verkleinert.)

Auch der Modus der Sporenbildung scheint mir anders zu verlaufen wie bei der vorhergehenden Form. Ich konnte denselben zwar nicht weiter verfolgen, da meine Cysten in der Entwicklung schon zu weit vorgeschritten waren, jedoch fanden

sich auch gar keine ähnlichen Bilder wie bei gleichaltrigen Tieren von *Henneguya psorospermica*, bei der auch im fortgeschrittenen Alter noch immer junge, einkernige Pansporoblasten, wenn auch in geringer Zahl vorhanden waren. Die freien Kerne sind kleiner wie bei *Henneguya psorospermica*, scheinen sich aber auf die gleiche Art zu vermehren.

Die Sporen sind deutlich von denen der *Henneguya psorospermica* verschieden. Ein Blick auf Textfigur 1 und 2 zeigt ohne weiteres, daß die uns hier interessierende Art viel schlanker und eleganter ist. Ich kann es daher nicht verstehen, wenn Cohn (5.) schreibt, daß die Sporen denen von *Henneguya psorospermica* ungemein ähnelten und nur schwer von ihnen zu unterscheiden wären; dabei gibt er die charakteristischen Maße ganz richtig an. Die von mir gemessenen Sporen hatten etwa folgende Dimensionen:

Länge (mit Schwanz) . .	30 μ.
Breite	4—6 μ.
Länge der Polkapseln .	6 μ.
Länge des Polfadens	48—54 μ.

Bemerkenswert war mir noch, daß bei sehr vielen frischen Sporen, die Schwanzfortsätze weit klafften (Textfigur 2 *b*), eine Erscheinung, die bei *Henneguya psorospermica* in viel geringerem Grade und viel seltener auftrat.

Im Amoeboidkeim fällt zunächst auf, daß bei jungen und alten Sporen (besonders bei ersteren) die Kerne bedeutend größer sind wie bei *Henneguya psorospermica* und infolgedessen in dem kleineren Keim einen viel größeren Raum einnehmen.

Wie auch Wegener (16.) schon hervorhebt, war es mir ebenfalls unmöglich, im Amoeboidkeim die jodophile Vakuole nachzuweisen, und deshalb kann ich mich seinem Zweifel, ob der Parasit auch wirklich eine *Henneguya* sei, nur anschließen. Mit Wegener kann ich mich auch einverstanden erklären, wenn er den Parasiten wegen des Baues der Cysten in die Gattung *Myxosama* einreihen will. Ein genauer Vergleich des mikroskopischen Baues der beiden Cystenarten würde aber immerhin zunächst noch vorzunehmen sein.

Zum Schlusse endlich möchte ich noch einige wenige Worte über das in meinen Hechten fast konstant gefundene *Myxidium lieberkühni* Btschli beifügen. Ich konnte in bezug auf die Fortpflanzung die früheren Beobachtungen Cohns (5.) nur bestätigen, nach denen im Winter die Sporenbildung eingestellt wird, und an ihre Stelle eine sehr starke multiplikative Vermehrung durch Knospung tritt. Schon im Juli scheint eine bedeutende Einschränkung in der Sporulation vor sich zu gehen, um dann nach und nach ganz zu ruhen, bis etwa im Februar die Sporulation wieder eintritt.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Figur 1. Ovarium von *Esox lucius* L. infiziert mit *Henneguya psorospermica*. Cyste derselben in einer Eihöhle, das komprimierte Ei links von der Cyste. Färbung: Giemsa. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Obj. 16 mm, C. Oc. 4. Abbé-scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 62 : 1.

Figur 2. Stück einer Cyste von *Henneguya psorospermica* mit der Umschlagsteile des Follikelepithels (+ der Figur 1). Färbung: Giemsa. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Oel-Immersion 2 mm, Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 2250 : 1.

Figur 3. Stark mit *Henneguya psorospermica* infizierter zentraler Strang eines Ovariums von *Esox lucius*. Material von Prof. Fuhrmann.

Figur 4. Schnitt durch eine kleine Cyste von *Henneguya psorospermica* in einer stark infizierten Stelle des Materials von Figur 3. Entzündungserscheinungen, Hyperplasie und hyaline Entartung des Bindegewebes. Hineinwachsen des Bindegewebes in die Cyste. Färbung: van Gieson. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Obj. 4 mm, Comp. Cc. 8. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 500 : 1. Alles was außer den Kernen dunkel gezeichnet ist, sind Züge von Bindegewebe.

Figur 5. Cyste von *Henneguya? lobosa* Cohn am Ende eines Kiemenplättchens von *Esox lucius*. Vergr. ca. 14,5 : 1.

Tafel II.

Alle Präparate dieser Tafel sind mit Giemsa gefärbt.

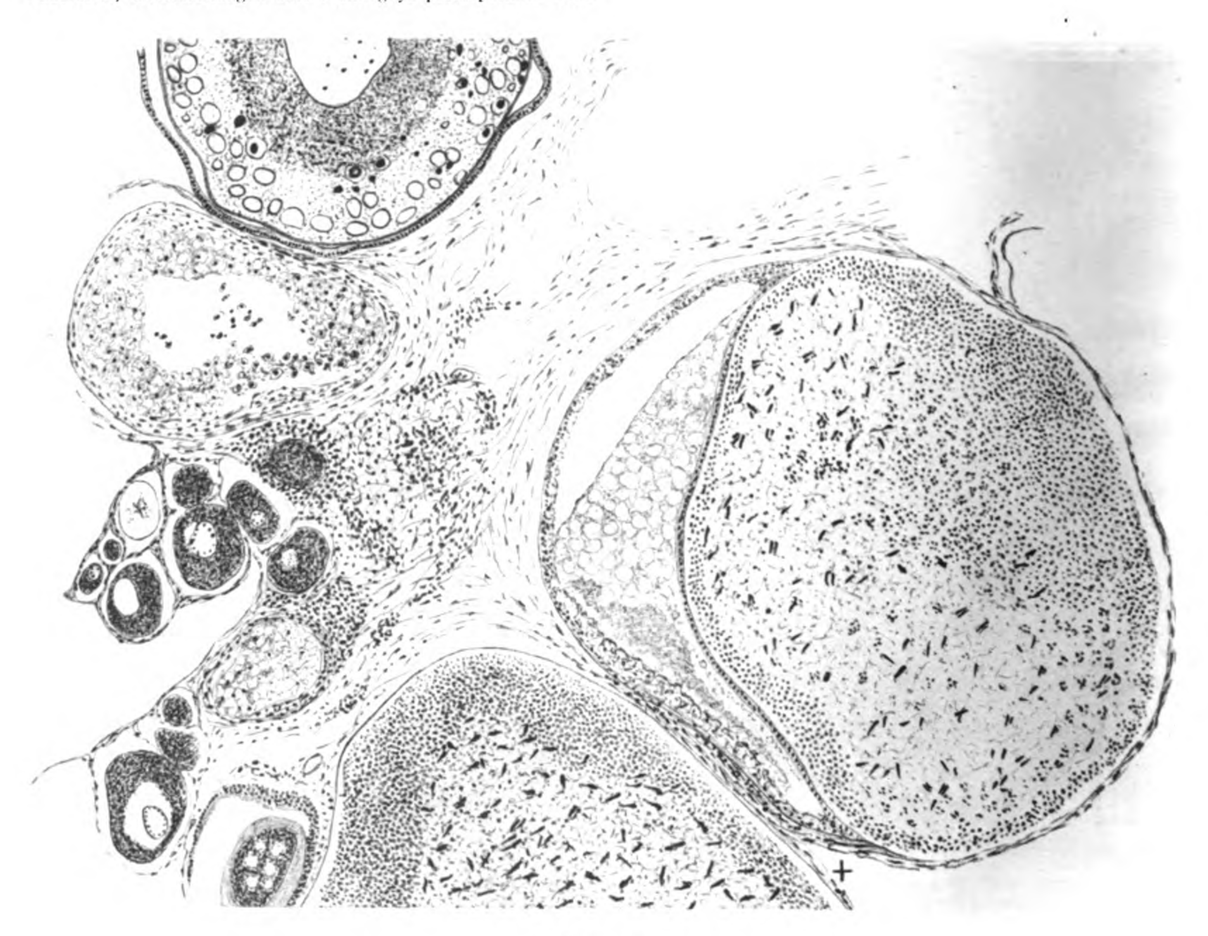
Figur 6. Verschiedene Stadien der Sporenbildung von *Henneguya psorospermica* 1—4 einkernige Pansporoblasten in Ruhe und in Teilung; 5—8 Abschnürung der ersten Hüllzelle?; 9, 10 Pansporoblast mit anliegender Hüllzelle?; 11—18 verschiedene ältere Pansporoblasten; 19 Zwei Sporoblasten in der gemeinsamen Hülle; 20 Junge Spore; 21 Ältere, noch nicht fertige Spore. Ap. Oel-Immersion 2 mm, Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 2250 : 1.

Figur 7. Keime von *Henneguya psorospermica* aus dem entzündeten Ovarialbindegewebe. a ein weißes Blutkörperchen zum Vergleich. Vergr. usw. wie Figur 6.

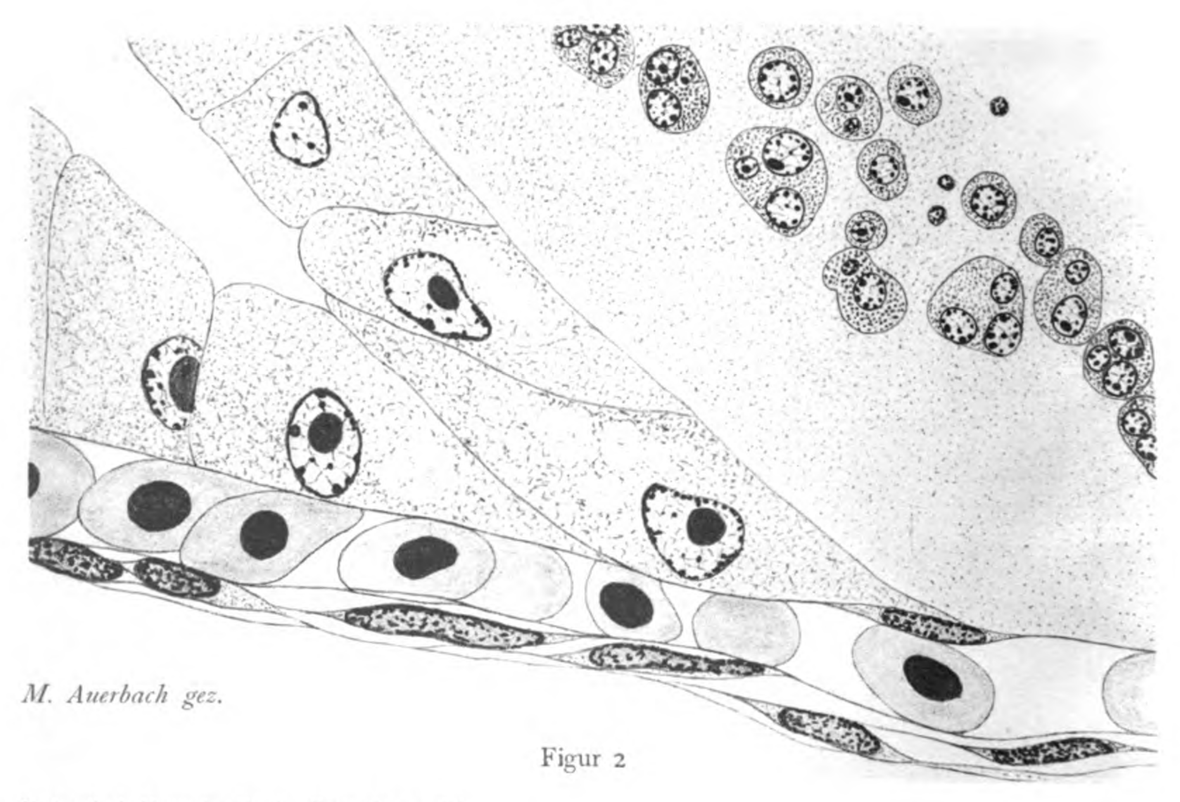
Figur 8. Freie Kerne der vegetativen Form von *Henneguya psorospermica* in Ruhe und Teilung. Vergr. usw. wie Figur 6.

Literaturverzeichnis.

1. Auerbach, M. Die Cnidosporidien. Leipzig 1910.
2. Auerbach, M. Bericht über eine Studienreise nach Bergen (Norwegen). Verhandl. d. Naturw. Ver. zu Karlsruhe. Bd. 21. 1909.
3. Auerbach, M. Unsere heutigen Kenntnisse über die geographische Verbreitung der Myxosporidien. Zoolog. Jahrb. Abt. f. Systematik usw. Bd. 30. H. 5. 1911. p. 471—494.
4. Bütschli, O. »Protozoen« in Bronns Klassen u. Ordn. d. Tierreichs. Vol. I. Protozoa. 2. Aufl. 1882.
5. Cohn, L. Über die Myxosporidien von Esox lucius und Perca fluviatilis. Zoolog. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontog. Bd. 9. 1896. p. 227—272.
6. Fuhrmann, O. Über eine Krankheit der weiblichen Geschlechtsorgane des Hechtes. Allg. Fischereizeitung 1904. Nr. 24.
7. Giemsa. . . . in Deutsche medizin. Wochenschrift 1909. Nr. 48. (fide Schuberg.)
8. Keysselitz, G. Die Entwicklung von Myxobolus pfeifferi. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 11. 1908.
9. Labbé, A. »Sporozoa« in: Das Tierreich. Herausgeg. v. d. deutsch. Zoolog. Ges. Lfg. 5. 1899.
10. Nufer, W. Die Fische des Vierwaldstättersees und ihre Parasiten. Dissertation. Basel 1905.
11. Schuberg, A. Über Mikrosporidien aus dem Hoden der Barbe und durch sie verursachte Hypertrophie der Kerne. Arb. aus d. K. Gesundheitsamte. Bd. 33. 1910.
12. Stempell, W. Über Thelohania mülleri (L. Pfr.). Zoolog. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontog. Bd. 16. 1902. p. 235—272.
13. Stempell, W. Über Nosema anomalum Monz. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 4. 1904. p. 1—42.
14. Stempell, W. Über Nosema bombycis Nägeli. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 16. 1909. p. 281—358.
15. Thélohan, P. Recherches sur les Myxosporidies. Bull. Scient. de France et de Belgique. Paris. Sér. 26. 1895. p. 100—394.
16. Wegener, G. Die Ektoparasiten der Fische Ostpreußens. Dissertation. Königsberg 1910.
17. Weltner, W. Über Myxosporidien in den Eiern von Esox lucius (Henneguya psorospermica). Sitzungsber. d. Ges. Naturf. Freunde zu Berlin. 1892. p. 28—36.

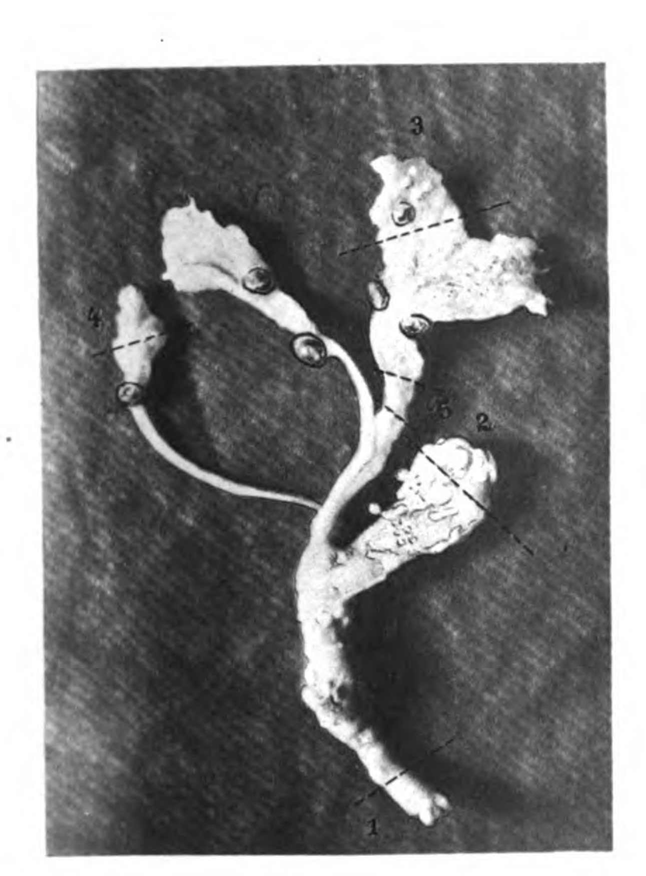


Figur 1



Figur 2

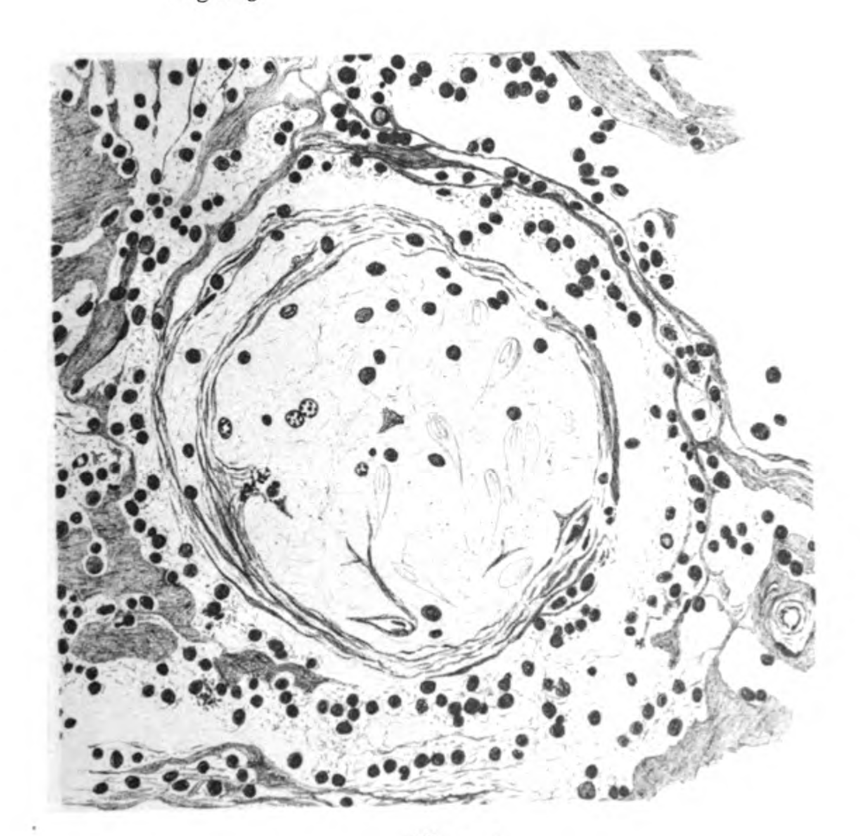
Tafel I



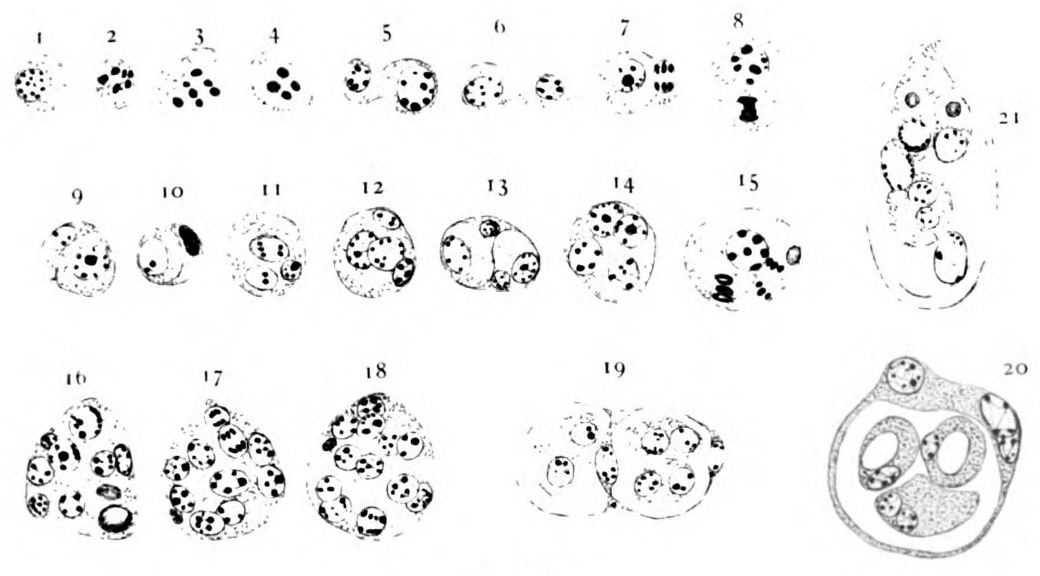
Figur 3



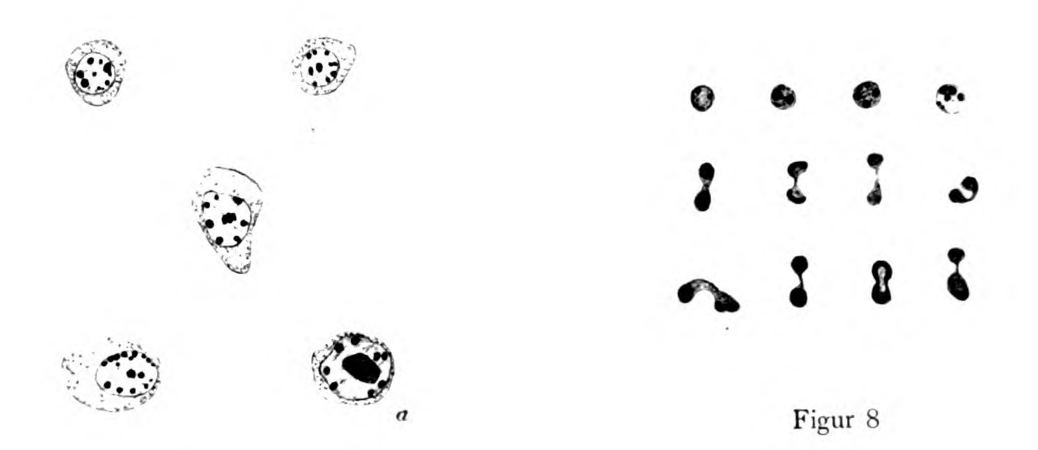
Figur 5



Figur 4



Figur 6



Figur 7

Figur 8

Auerbach gez.

Die Entstehung des Breitlohmisses am Kaltenbronn.

Ein Beitrag zur Erforschung der Moorbildungen des nördlichen Schwarzwaldes.

Von Professor **Dr. Hausrath.**

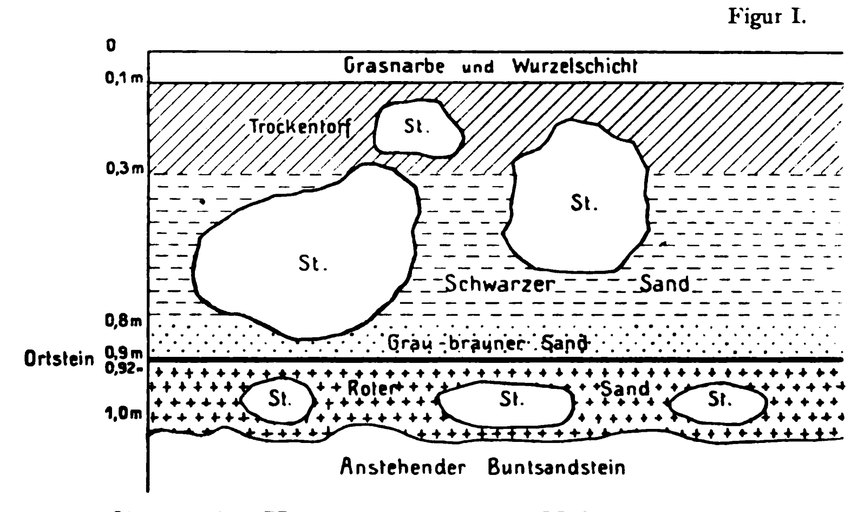
Eine im nördlichen Schwarzwald weit verbreitete Vegetationsform sind die Grinden und Misse. Sie bedecken in oft kilometerlanger Erstreckung die flachen Rücken der Buntsandsteinberge und erfüllen weite Mulden der Hochlagen, deren Ränder oft bereits wieder stattlichen Wald tragen. Der Pflanzenwuchs dieser Flächen ist dürftig, Heide und Heidelbeerkräuter wechseln mit dem weißflockigen Wollgras, den starren Büscheln des Borstengrases, Binsen und Torfmoos, und darüber verteilt stehen Gruppen und Horste buschiger Latschen (Pinus montana) und vereinzelte kümmernde Fichten und Birken. Das geübte Auge des Botanikers freilich findet in dem niederen Pflanzenteppich noch eine Reihe interessanter Arten, wie Sonnentau, Moosbeere, Krähenbeere.

Die Hauptverbreitung dieser Formationen liegt über 800 m, d. h. im Gebiet der höchsten Niederschlagsmengen, ihre Entstehung hängt mit diesen eng zusammen. Die Grinden und Misse sind Moore oder Flächen, die sich im Übergang von Wald oder Weide zu Moor befinden. Aber gleich von vorneherein sei bemerkt, daß ihre Bildung durchaus nicht immer und überall ein naturnotwendiger Prozeß ist, vielmehr ist diese Entwicklung in vielen Fällen erst durch menschliche Eingriffe ausgelöst worden.

Zunächst bei den eigentlichen Grinden, die die langen Rücken und die Kuppen einnehmen. Hier ist die Moorschicht meist nur von geringer Mächtigkeit, sie tritt nur ortweise klar zutage, dazwischen liegen oft große Strecken, die wenigstens in trockenen Zeiten eher einer dürftigen Bergwiese oder Weide gleichen. Ihre eigentliche Beschaffenheit erkennt man erst durch Bodeneinschläge. Figur I gibt das Profil von der Hornisgrinde eines solchen wieder. Unter der Grasnarbe, deren Wurzeln in einer dunklen Modererde stecken, liegt zunächst eine 20 cm starke Torfschicht.

Dieser Torf besteht aus den umgewandelten Resten von Gräsern, Beerkräutern, Heide, Fichten und Kiefern, wobei die beiden letzteren Arten verhältnismäßig selten vertreten sind. Eingeweht finden sich auch die Blütenpollen anderer Bäume. Unter dem Torf folgt eine hier 50 cm starke Schicht sehr humosen schwarzen Sandes mit sehr schlecht erhaltenen Pflanzenresten, dann eine 10 cm starke Lage eines gebleichten graubraunen humushaltigen Sandes und unter diesem eine nur 2 cm dicke Schicht festen Ortsteines. Dieser lagert auf dem roten Sand, dem unveränderten Verwitterungsprodukt des nur wenig tiefer anstehenden Buntsandsteines. Brocken dieses finden sich reichlich in allen Schichten,

Figur I.



Bodenprofil von der Hornisgrinde in der Nähe des neuen Turmes.
St. = Steine.

über dem Ortstein sind sie meist gebleicht, auch oft von einer bräunlichen humushaltigen Kruste überzogen.

An anderen Stellen tritt der Buntsandstein als Blockgeschiebe zutage, wieder an anderen ist die Torfschicht mächtiger, auch kleine Moortümpel kommen vor. Aber es überwiegt doch der durch unsern Aufschluß klargelegte Aufbau.

Es ist ein regelrechtes Ortsteinbodenprofil, wie sie den Forstwirten nur zu gut bekannt und von ihnen gefürchtet sind, denn sie bieten sehr ungünstige Produktionsbedingungen. Die Torflage ist die Ursache der Verarmung der Oberschichten und der Bildung des harten für die Wurzeln undurchdringlichen Ortsteines

in der Tiefe. Sie selbst aber ist hier in der Regel die Folge der Weidewirtschaft. Wie schon 1831 Bühler in seinem noch heute lesenswerten Büchlein über die Versumpfung der Wälder geschildert hat, trieb man im ausgehenden Mittelalter den Wald auf diesen Flächen, die wegen der geringen Bodenneigung für die Weide besonders geeignet waren, ab, oder brannte ihn gar nieder. Das Wiederaufkommen des Waldes wurde vielfach schon allein durch den Verbiß des Viehes verhindert, wo das nicht reichte, griff man wieder zum Feuer. Das Brennen der Flächen war aber auch darum nötig, weil sich immer wieder dem Vieh nicht zusagende Gewächse, Heide und Beerkräuter, einfanden und das Gras überwucherten. Das Brennen macht nun aber die mineralischen Nährstoffe des Bodens löslicher, beschleunigt also die Auslaugung der Oberschichten, es bewirkt auch oft eine Bodenverdichtung. Damit waren die Bedingungen für die Entstehung von Trockentorf gegeben und die Vermoorung eingeleitet. Daß diese auf den Rücken, wo immer ein erheblicher Teil der Niederschläge abfließt und der Wind austrocknend wirkt, nur langsam fortschreitet, ist leicht erklärlich.

Seitdem die Weide aufgehört hat, siedeln sich auf den Grinden, zumal wenn eine Entwässerung stattgefunden, wieder Bäume in größerer Zahl an, vorwiegend sind es Legforlen, Fichten und Birken. Ausgedehnte Bestände dieser Art finden wir nach den Mitteilungen Feuchts auf dem Kniebis. Eine gedeihliche Entwicklung wird ihnen aber nur dort beschieden sein, wo die Auslaugung noch nicht weit vorgeschritten, andernfalls werden es Krüppelbestände bleiben, die schließlich doch der Vermoorung erliegen. An sich wäre es wohl möglich durch die Zufuhr von Kalk den Boden zu verbessern und durch die Einmischung von Buchen gesunde Bestände zu erzielen, aber die Kosten lassen ein solches Vorgehen durchaus unwirtschaftlich erscheinen, zumal ein Teil der Grinden schon nah an der natürlichen Waldgrenze liegt, die wir für den nördlichen Schwarzwald wohl zwischen 1200 und 1300 m anzusetzen haben.

Die Misse liegen mehr in den Mulden und auf flachen geschützten Einhängen. Bei ihnen tritt der Moorcharakter deutlich zutage, denn wenn wir im wesentlichen auch die gleichen Pflanzen finden, wie auf den Grinden, so wiegen doch die Torfmoose weit vor. Sodann sind die Misse viel nässer, in Regenzeiten oft gar

nicht betretbar. Die Torfschichten erreichen in ihnen eine Mächtigkeit von 10 m und mehr.

Weitverbreitet ist die Ansicht, daß die Misse aus verlandeten Seen entstanden seien und abhängige Gelände erst nachträglich infolge ihres Wachstums in Besitz genommen haben. Zuzugeben ist, daß diese Erklärung für viele Misse zutrifft, am Hohlohsee, am Hornsee können wir diese Vorgänge direkt beobachten, an den meisten anderen Seen des nördlichen Schwarzwaldes, z. B. am Herrenwieser See sehen wir die Anfangsstadien der Vermoorung, in dem ein mehr oder minder breiter Saum von Seggen, Torfmoosen, Binsen den Übergang von dem eigentlichen Ufer zum offenem Wasser bildet. Oft stehen auf ihm einzelne Birken und Fichten, für den Menschen ist er nur in Trockenzeiten zugänglich. Die blinden Seen, z. B. im Biberkessel am Nordostabfall der Hornisgrinde, zeigen uns das Endergebnis, das fertige Hochmoor. Von den Mooren des Tieflandes unterscheiden sie sich dadurch, daß nach der Verlandung nicht erst ein Grünlandmoor sondern sofort das echte Hochmoor auftritt. Das hängt mit der Nährstoffarmut der Seen zusammen, welche das Aufkommen anspruchsvollerer Gräser verhindert. Andere Misse entstanden aus Wäldern, in denen starke Trockentorfschichten zur Ablagerung gekommen waren. Diese selbst waren wohl meist die Frucht einer sorglosen Waldwirtschaft, die zur Verlichtung der Bestände ohne Nachwuchs auf dem Boden führte. Auf den Trockentorfschichten entwickelten die Torfmoose ein lebhaftes Wachstum, die Bäume aber kümmerten immer mehr und waren sie rings um den Stammanfang vom Torfmoos umwachsen, so starben sie wegen Mangels an Luft im Boden ab, faulten und stürzten um. Über ihre Reste wuchs dann das Moor empor.

Etwas anders war die Entstehung des Breitlohmisses und da die vieler andern Misse ähnlich gewesen ist, wollte ich mir heute erlauben, Ihnen diese auf Grund einer Untersuchung zu schildern, die ich während der letzten beiden Jahre, unterstützt von Herrn Professor Dr. Helbig, ausgeführt habe, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank hierfür aussprechen möchte. Auch den beiden Vorständen des Forstamts Kaltenbronn, dem verstorbenen Forstmeister Dr. Ebert und dem Herrn Oberförster Kettner, bin ich für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen zu großem Dank verpflichtet.

— — — — —

Den Anstoß zu diesen Untersuchungen gab die Streitfrage, in welcher Reihenfolge die Holzarten nach der letzten Eiszeit bei uns wieder eingewandert seien und zwar im besondern bezüglich der Fichte. Hier ist die von mir früher vertretene Ansicht, daß sie zu den ersten Einwanderern gehörte, von Hoops[1] auf Grund der Untersuchungen norddeutscher und skandinavischer Moore angefochten worden. In Nordwestdeutschland ist allerdings die Fichte offenbar erst in sehr junger Zeit eingewandert, in Ostpreußen und Schleswig-Holstein dagegen sehr früh, doch liegen dort die Verhältnisse sehr kompliziert, so daß ich hier nicht darauf eingehen möchte. Für die Schweiz haben dagegen die umfassenden Untersuchungen von Früh und Schröter gezeigt, daß sie zu den frühesten Einwanderern gehörte. Mir lag nun daran, womöglich für den Schwarzwald eine Klärung dieser Frage zu erreichen. Die Torfmoore aber bilden gewissermaßen die Archive der Vegetationsgeschichte. Denn Dank der antiseptischen Wirkungen der Humussäuren finden wir in ihnen Reste der früheren Pflanzendecke in noch bestimmbarem Zustand, auch wenn seit der Ablagerung der Schichten mehr als 1000 Jahre vergangen sind. Insbesondere ist es der Pollenstaub, der uns die Kenntnis der früheren Flora vermittelt, denn bei seinem geringen Gewicht konnte er aus größerer Entfernung vom Winde beigetragen werden, er vertritt also die Flora eines größeren Gebietes, während schwere Teile in der Regel nur von Pflanzen erhalten blieben, die auf und um dem entstehenden Moor wuchsen.

Das Breitlohmiß, das ich für diese Untersuchung wählte, liegt südlich vom Hohlohturm in einer Meereshöhe von 970 bis 980 m. Die von der Vermoorung ergriffene Fläche beträgt etwa 30 Hektar, in der Nord-Südrichtung ist sie 860, in der Ost-Westrichtung 540 m lang. Vom Hohlohmiß wird unser Moor nur durch eine wenige Meter hohe Bodenschwelle getrennt, sein Südende liegt da, wo das Gefälle stärker und damit die natürliche Entwässerung energischer wird. In den Jahren 1837—40 wurde das Breitlohmiß, wie die anderen Moore dieser Gegend, oberflächlich durch Anlage einiger Gräben entwässert, die Torfbildung beschränkte sich daher seitdem auf einzelne nässere Flächen, der größte Teil überzog sich mit Heide und die Legföhren und

[1] J. Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum, 1905.

Fichtengruppen, die bis dahin wohl nur kümmerlich vegetiert hatten, entwickelten sich kräftiger und dehnten sich aus. Von 1888—1895 wurde Streutorf gewonnen und zu diesem Zweck ein Weg hindurchgebaut, der so ziemlich die tiefsten Stellen des Moores schneidet. Da außerdem die Gräben vertieft und vermehrt wurden, war die Entwässerung eine energische, was sich auch darin zeigt, daß in der Nähe des Weges die Torfschichten stark zusammensanken.

Die Proben für die mikroskopische Untersuchung wurden in dem verlassenen Torfstich gewonnen. Die Bearbeitung dieses Materials rief bei mir bald Zweifel daran hervor, daß dieses Miß, wie ich bisher angenommen, aus einem verlandeten See entstanden sei. Denn einmal fanden sich selbst im Untergrund Holzkohle und ähnliche Spuren von Bränden in solcher Menge, daß der Gedanke an eine Einschwemmung abgewiesen werden mußte. Zweitens enthält diese Schicht eine Menge starker Baumstöcke von Tannen, Fichten, Kiefern und Birken, die nicht wohl auf dem nahrungsarmen Torf eines verlandeten Sees gewachsen sein konnten. Dafür war ihre ganze Entwicklung viel zu kräftig. Auch die nunmehr nächstliegende Vermutung, daß ein Moor in den Wald hereingewachsen und diesen begraben habe, wird durch das Aussehen der Stöcke widerlegt. Denn auch dann müßten die Bäume eine Periode des Kümmerns durchgemacht haben und es müßten sich die typischen nach oben zugespitzten Formen finden lassen, welche die Stümpfe stehend abgefaulter Stämme aufzeigen. Sie entstehen dadurch, daß der Stamm dort am raschesten abfault, wo er gerade aus dem Moor hervorsieht, darüber und darunter langsamer. Sodann müßten doch auch Teile der gestürzten Bäume im Torf eingeschlossen sein. Nichts von alle dem ist der Fall, vielmehr weist alles darauf hin, daß der Bestand von Menschen mit Axt und Feuer zerstört worden ist.

Dieser Befund machte es mir wünschenswert, eine Untersuchung des ganzen Moores und seines Untergrundes vorzunehmen. Sie geschah mit von Jasmin in Hamburg bezogenen Hohlbohrern, deren Gestänge bis auf 6 m verlängert werden kann. Dabei wurde der Torf in Schichten von 20—25 cm Stärke gewonnen, jede Schicht für sich ausgehoben, an Ort und Stelle von mir untersucht und die erforderlichen Proben für die genauere Prüfung ausgewählt, um sie gegen zu starkes Austrocknen zu

schützen, in Pergamentpapier eingewickelt und genau etikettiert Außerdem wurden die Bohrergebnisse natürlich sofort sorgfältig registriert. Die Bohrungen verliefen im ganzen glatt. Zuerst freilich hatten wir mancherlei Schwierigkeiten, weil das ursprüngliche von der Fabrik gelieferte Gestänge zu schwach und sein Eisen zu weich war, kam der Bohrer auf Holz, und das war nicht so sehr selten der Fall, so verbog sich das Gestänge beim Herausziehen oder der Bohrer glitt ab, das Loch wurde schief und mußte nun nachgebohrt werden. Am Ende des ersten Tags saß der Bohrer so fest in einem 3 m unter der Oberfläche befindlichen Wurzelstock, daß wir ihn zu viert kaum herausbrachten. Als wir dann das Gestänge auseinander nahmen, war das Gewinde an einer Verbindungsstelle gerissen, es hätte also nicht viel gefehlt, daß der Bohrer ganz stecken geblieben wäre. Nachdem daraufhin ein stärkeres Gestänge angefertigt war, fielen diese Mißstände so ziemlich hinweg. Große Sorgfalt muß natürlich darauf verwendet werden, daß die Bohrung genau senkrecht erfolgt. Auch dann bringt der Bohrer beim Heraufziehen meist etwas Material aus den oberen Schichten mit, das beim Streifen der Wände an dem Bohrer hängen bleibt. Um Fehler zu verhüten, darf daher stets nur der eigentliche Bohrkern zur Untersuchung benützt werden.

Die Bohrungen wurden immer soweit geführt, daß Proben des lettigen Untergrundes gewonnen wurden. Nach Beendigung der Bohrungen nahmen Professor Helbig und ich noch ein Nivellement der Nord-Süd- wie der Ost-Westrichtung auf. Die Ergebnisse sind in Figur II dargestellt.

Wir haben also kein Seebecken vor uns, sondern eine Talmulde, die von Ost und West nach der Mitte hin einfällt, in der nordsüdlichen Längsrichtung ursprünglich 11 m, d. h. rund 1,3 % Fall besaß. Diese Neigung reichte natürlich vollkommen zum Abfluß der Regenmengen aus. Durch die entstandenen Torfschichten ist dies Gefälle nicht aufgehoben, sondern nur anders verteilt worden, sie haben sich also im allgemeinen dem Untergrund angeschmiegt.

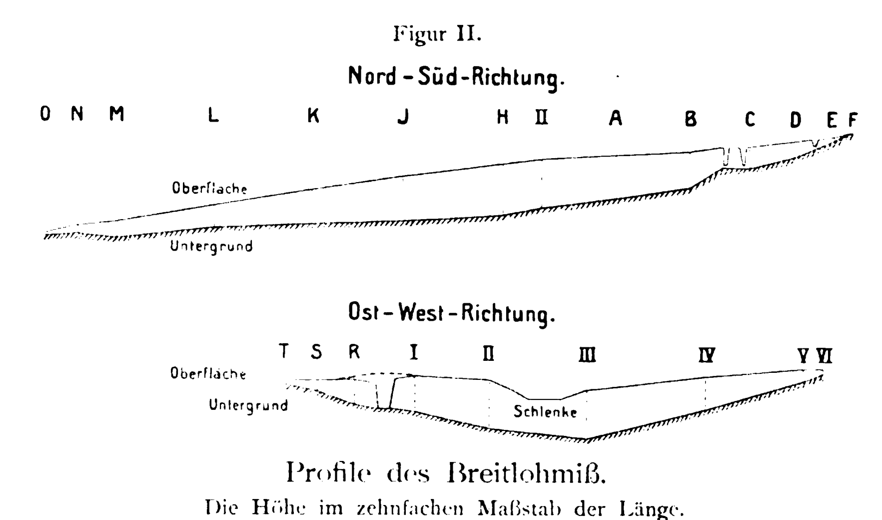
Zwischen den Stationen M. und N. zeigt der Untergrund allerdings ein Gegengefälle. Wahrscheinlich lag hier die tiefste Stelle seitlich, so daß doch der Abfluß möglich war. Wenigstens

hat längs des durch das Breitlohmiß gelegten auch ungefähr nordsüdlich ziehenden Torfweges der Erdboden durchweg Fall.

Aber selbst wenn bei M. ein kleiner Tümpel bestanden haben sollte, kann dieser nicht die Ursache der Vermoorung gewesen sein. Denn sonst müßte über ihm das Moor doch annähernd die größte Mächtigkeit besitzen, es müßte dann auch viel weiter nach Süden vorgeschritten sein und es würden sich keine Kohlen im Untergrund gefunden haben.

Das zweite Profil zeigt uns einen kleinen Tümpel — eine sogenannte Schlenke — wie sie auf fast allen Mooren zu finden sind. Es sind Oberflächenbildungen, meist so entstanden, daß in einer vorhandenen kleinen Vertiefung auf dem Moore das Wasser

Figur II.



Profile des Breitlohmiß.
Die Höhe im zehnfachen Maßstab der Länge.

sich sammelte. In ihm entstand dann eine Algenvegetation, die das weitere Wachstum der Torfmoose hinderte, die Umgebung wuchs dagegen immer mehr in die Höhe, so daß die Schlenke dadurch tiefer wurde.

Daß in unserm Fall es sich nicht um die Reste eines verlandenden Sees handelt, zeigt wieder die Tatsache, daß die Bohrungen am Rande der Schlenke immer Kohlen im Untergrunde feststellten, dagegen nicht die geringsten Reste von Schilf, Seggen oder sonstigen Pflanzen der Verlandungsflora, sondern nur Heide, Torfmoos, Wollgras und ähnliche Arten enthielten.

Eine soweit als möglich an den Ostrand der Schlenke vorgeschobene Bohrung ergab als tiefste Torfschicht: Sphagnumreste,

Birkenholz, Wurzeln und Blüten von Calluna, Grasblattreste, unbestimmbares Holz, Pollen von Vaccinien, Kiefer, Fichte, Birke, Buche, das Ganze gemengt mit Holzkohle und Sand. Darunter stand direkt die Lehmschicht an.

Längs des Torfweges sind die Schichten infolge der Austrocknung stark eingesunken. Die mutmaßliche Oberfläche des unberührten Moores ist durch die gestrichelte Linie angedeutet.

Betrachten wir zunächst den Aufbau des Moores. Auf dem Buntsandstein liegt eine sandige Lehmschicht, die am Torfweg etwa 30 cm stark ist. Die unteren 15 cm sind hellgelbgrau, sie enthalten einige Pflanzenreste, die nicht mehr sicher zu bestimmen waren, möglicherweise stammen sie von Scirpus caespitosus. Nach oben wird der Lehm infolge der Beimengung von Humus und Holzkohle immer dunkler, die oberste Lage ist sogar direkt schwarz. Diese oberen 15 cm enthalten Wurzelstöcke, Holz und Rinde von Tanne, Fichte, Kiefer, Legföhre und Birke.

Die darüber liegenden Torfschichten erreichen an den tiefsten Stellen eine Mächtigkeit von 5 m. Die untersten Lagen sind noch reichlich gemischt mit Holzresten und Kohlenstückchen. Wo das Moor eine größere Mächtigkeit hat, ist die Vertorfung dieser untersten Schichten eine vollkommene, von den erwähnten Holzeinschlüssen abgesehen, läßt sich die Struktur der vertorften Pflanzen nicht mehr erkennen; auch die mikroskopische Untersuchung erlaubte nur noch die Pollen verschiedener Holzarten aus der gleichförmigen Grundmasse ausscheiden.

Die höheren Torfschichten wechseln in der Farbe von dunkelbraun bis hellgelbbraun, sie sind um so heller, je höher, d. h. im allgemeinen je jünger sie sind. Daß aber die Farbe und somit auch der Grad der Vertorfung nicht einfach eine Funktion des Alters ist, zeigt die tabellarische Übersicht I, in der die Bohrergebnisse einer Reihe von Probelöchern dargestellt sind. An einer Stelle war der helle Sphagnumtorf sogar 2,2 m mächtig. Da hier eine starke Schwefelwasserstoffentwickelung auftrat, ist vielleicht eine nachträgliche Ausbleichung anzunehmen. Die Pflanzen, aus denen der Torf entstand, sind in diesen Schichten noch immer zu erkennen. Den Hauptteil bilden Torfmoose; Wollgras und Hecht — Scirpus caespitosus — sind fast überall reichlich beigemengt, ja in einzelnen Schichten wiegen sie sogar gegenüber dem Torfmoos vor, sehr häufig finden sich auch Reste

von Heidekraut, Heidel- und Preißelbeeren, Holz, Nadeln und Zapfen der Legföhre.

Die oberste Schicht ist stark zersetzt und von den Wurzeln der jetzigen Pflanzendecke durchzogen. Sie hat den Charakter der Moorerde. Ihre Mächtigkeit wechselt sehr, was offenbar von dem Grad der Entwässerung während der letzten Jahrzehnte abhängt.

Hervorheben möchte ich noch, daß sich eine Reihe von Brandschichten fanden, von denen eine über den größten Teil des Moores zu verfolgen war.

Die Entstehung des Breitlohmisses verlief also folgendermaßen. Einst stand hier ein schöner Hochwald von Tannen, Fichten und Kiefern, dem vielleicht auch Buchen und Eichen nicht ganz fehlten, denn Pollen derselben fanden sich in den tiefsten Schichten und die Buche wächst heute noch in der nächsten Umgebung. Sicher war auch die Birke vorhanden. Dieser Bestand wurde niedergehauen und das Holz wenigstens zum Teil auf der Fläche verbrannt. Nunmehr stellte sich ein Überzug von Heidekraut ein, dazwischen wohl auch Gräser süße wie saure — und allmählich eine zweite Waldgeneration, die aber wesentlich lichter, ja überhaupt geringwüchsiger war. Die Tanne war in ihr schon viel seltener, dafür fand sich die Legföhre ein. Denn der an sich schon wenig durchlässige Boden würde infolge der Bloßlegung und des Brennens verdichtet, seine Nährstoffe aber von den hohen Niederschlägen — 1500 mm — ausgewaschen, er verarmte.

Auch dieser Wald wurde wieder durch Feuer vernichtet, ja das Abbrennen der Fläche offenbar noch häufig wiederholt. Damit gewann denn die Heide die Oberhand, zwischen ihr siedelten sich Legföhren, und in kleinen Mulden Torfmoose an. Als dann unter der Heide eine starke Trockentorflage entstanden war, dehnten sich die Torfmoose immer mehr aus, da das nasse Klima ihnen sehr günstig war, sie überzogen die ganze Fläche, die Moorbildung setzte ein und griff dann bald auch über die Ränder der ursprünglichen Fläche hinaus.

Diese Entwickelung war nun freilich ihren Urhebern schwerlich erwünscht, denn sie hatten offenbar eine Weide schaffen wollen, Heide und Torfmoos aber geben ein herzlich schlechtes Futter. Bei ihrer Unkenntnis der Ursachen suchten sie wieder durch Brennen die Heide und das Torfmoos zu verdrängen. Sie erzielten damit aber natürlich nur Augenblickserfolge. Denn die

Süßgräser und der Klee, welche im ersten Jahr nach dem Brand in größerer Zahl auftraten, verschwanden sofort wieder, als die Asche ausgelaugt war, sie unterlagen dann von neuem der Konkurrenz jener anspruchsloseren Gewächse. Vor allem wurden die Torfmoose durch das Brennen auf die Dauer begünstigt. Denn wie man an jedem Torfstich sehen kann, sind die Brandschichten für das Wasser wenig durchlässig, sie bilden gewissermaßen Quellenhorizonte, auf denen die Sickerwasser austreten. So nahm die Vermoorung immer mehr zu, und das vorübergehende Emporkommen der Gräser beruhte eben lediglich darauf, daß durch die Einäscherung der Oberschichten eine zeitweilige Vermehrung der aufnehmbaren Nährstoffe bewirkt wurde. Diese mußte aber mit jeder Wiederholung des Brennens geringer werden, weil immer ein beträchtlicher Teil der Aschensalze ausgewaschen und mit dem Sickerwasser entführt wurde. Die natürliche Folge war eine ständig weitergehende Verschlechterung der Weide.

Hervorheben möchte ich noch, daß die Legföhre sich offenbar immer auf der Oberfläche des Misses erhielt, wie Funde von Zapfen, Holz und Nadeln, ferner von den Kokons einer Blattwespe zeigen, die in den verschiedensten Lagen gemacht wurden.

In der geschilderten Weise ist das Breitlohmiß bis zum Jahre 1790 mißhandelt worden, erst damals wurde das Weidebrennen von der badischen Regierung im ganzen Lande untersagt. Bis zu den Entwässerungen um 1840 konnten sich dann die Torfmoose ungestört ausdehnen, diese aber begünstigte durch die Abtrocknung der Oberfläche das Heidekraut, die Legföhren und Fichten. In erhöhtem Grade war dies der Fall als der Torfweg angelegt und die Gräben für die Streutorfgewinnung vertieft wurden. Seit dann vor etwa 15 Jahren der Torfstich aufgelassen wurde, füllen sich die Abzugsgräben wieder mit Torfmoosen, die Vernässung nimmt wieder zu und auch in den zwischen den Gräben liegenden Partien gewinnen die Sphagnene mehr und mehr die Oberhand.

Bleibt also das Miß sich selbst überlassen, so wird im Laufe einiger Jahrzehnte die Torfbildung von neuem im vollsten Gang sein.

Schon im Untergrund ließen sich in den Pollen Eiche, Buche, Birke, Bergkiefer, Föhre, Fichte und Tanne feststellen, die drei letzteren Arten sowie die Birke sind auch durch Holzreste ver-

treten, Eichenholz — ein kleiner Zweig — fand sich in der tiefsten Torfschicht. Alle Arten sind auch in fast jeder Tiefe des Torflagers gefunden worden, die wenigen vorhandenen Lücken werden sich bei der Durchsicht weiterer Proben gewiß schließen. In einer Schicht fand sich auch Holz einer Weide und zweimal Haselnußpollen. Über die Funde in den dem Torfstich entnommenen Proben gibt Tabelle II Aufschluß.

Für die Vegetationsgeschichte des nördlichen Schwarzwaldes folgt aus der Untersuchung, daß schon vor Beginn der Torfbildung alle heute hier vorkommenden Bäume vorhanden waren. Nun erhebt sich freilich die weitere Frage, wie lange Zeit ist denn seit der Bildung der ältesten Schichten verflossen. Darüber kann ich nur Vermutungen mitteilen. Zunächst ist festzustellen, daß sich keine Spur jener Grenztorfschicht fand, die in vielen norddeutschen Mooren wiederkehrt und gewissermaßen einen festen Horizont bildet.

Diese Grenztorfschicht besteht in der Hauptsache aus den Resten von Wollgras, Heidekraut, Vacciniumarten, auch Birken und Kiefern sind oft an ihrer Bildung beteiligt gewesen. Der unmittelbar unter ihr liegende Torf zeigt deutlich die Spuren einer weitgehenden Zersetzung, sein Zustand entspricht dem der Oberschichten in seit langer Zeit entwässerten Mooren. Die Entstehung dieser Schicht ist auf eine säkulare Trockenperiode im Verlauf der seit der letzten Eiszeit verstrichenen Jahrtausende zurückzuführen. L. A. Weber, der beste Kenner der deutschen Torfmoore, setzt ihr Ende in die jüngere Steinzeit und veranschlagt ihre Dauer auf rund 1000 Jahre[1].

Haben wir somit eine obere Grenze des Alters für unser Miß, so können wir eine untere nur aus der Mächtigkeit der Torfschicht und der Geschwindigkeit ableiten, mit der die Moore wachsen. Nur ist diese leider nicht bekannt und wohl auch örtlich sehr verschieden. Das Wachstum der Sphagneen an der Oberfläche beträgt 2—3 cm jährlich, bei der Vertorfung wird diese Länge aber auf einen bescheidenen Bruchteil reduziert und zwar um so mehr, je länger es geht und je mächtigere Schichten darüber liegen. Ramann glaubt durchschnittlich nur 1—2 mm rechnen zu dürfen, das ergäbe in unserm Fall 2500—5000 Jahre.

---

[1] Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 1910, Heft 2.

Angesichts des lockeren Aufbaues, den die Torfschichten des Breitlohmiß zeigen, halte ich aber 2 mm für viel zu nieder und glaube, wir müssen mindestens 5—7 mm rechnen, d. h. einen Zeitraum von 700—1000 Jahren unterstellen. Da seit 1840 der Zuwachs infolge der Entwässerung jedenfalls nur noch minimal gewesen ist, würde der Anfang der Torfbildung etwa um 1100 anzusetzen sein, d. h. in die Zeit, in der das mittlere Murgtal stärker besiedelt wurde. Die im lehmigen Untergrund enthaltenen Pflanzenreste können natürlich noch erheblich älter sein.

Nachdem wir so die Vergangenheit dieser Moorbildung kennen gelernt haben, mag noch ein kurzer Ausblick in die Zukunft folgen. Es ist ja bekannt, daß in den letzten Jahren die Moorkultur in Deutschland große Fortschritte gemacht hat, daß zurzeit in Preußen umfangreiche Meliorationen und Siedelungen auf Mooren geplant sind. Die Möglichkeit verdanken wir den Arbeiten der Moorkulturversuchsanstalt, die gezeigt haben, daß eine nur 50—60 cm tiefe Entwässerung bei starker Düngung genügt, um auf dem sonst unveränderten Moor Äcker und Wiesen oder Weideflächen von hervorragender Qualität zu schaffen, deren Erträge mit denen der besten Böden wetteifern und die Anlagekapitalien zu 8 % und mehr verzinsen. Aber bei der Höhenlage unserer Misse und Grinden wird weder Ackerbau noch Wiesenwirtschaft empfohlen werden dürfen, beide würden unter den Frösten, die noch bis in den Juni auftreten, zu leiden haben, und die Heuernte wäre durch die hohe Niederschlagsmenge in Frage gestellt, zumal die dünne Bevölkerung schon jetzt kaum ausreicht, um die vorhandenen Wiesen rechtzeitig abzuernten.

Verlockend sind ja auch die Berichte über die industrielle Ausnutzung der Moore in neuerer Zeit. So ist auf dem Auricher Wiesmoor in den letzten Jahren ein Werk entstanden, das den an der Luft getrockneten Torf vergast und mit dem Gas elektrische Kraft gewinnt. Aus 1000 kg Torf werden 600 Pferdekraftstunden erhalten, im Jahr sollen 5 000 000 Kilowattstunden erzeugt werden, die weithin das Land mit Licht und Kraft versorgen. Als Nebenprodukt werden aus den 1000 kg Torf 30 kg schwefelsaures Ammoniak gewonnen, deren Erlös allein die Anlagekosten deckt. Für solche Betriebe aber sind unsere Misse zu klein, die Werke würden nicht nachhaltig arbeiten können. Eher ist es vielleicht möglich, wenn durch die Murgwasserkraft-

anlagen billige elektrische Kraft geliefert werden kann, den Torf mit deren Hilfe rasch zu trocknen und transportfähig zu machen. Dann würde die Gewinnung von Streutorf wieder aufgenommen werden können. Denn diese scheiterte bisher lediglich an der Schwierigkeit des Trocknens, das in feuchten Jahren nicht gelang und überhaupt die Kosten des Betriebs sehr vermehrte, so daß der Streutorf sich teurer stellte, als der aus Holland bezogene. Eine Aufforstung ist ebenfalls ausgeschlossen, denn die Waldanlagen auf unabgetorftem Moor gedeihen nicht, es müßte ihnen eine intensive Entwässerung und starke Düngung vorausgehen. Den hierfür erforderlichen Aufwand kann aber die Waldwirtschaft nie wieder herauswirtschaften. Es sind die Aussichten auf eine Ausnutzung und Melioration der Misse also keine günstigen, wahrscheinlich werden sie in ihrem jetzigen Zustand erhalten bleiben. Aber auch dann erfüllen sie eine wichtige Aufgabe, in dem sie den Abfluß der großen Niederschlagsmengen regeln, ihn auf längere Zeit verteilen.

Diese Anschauung ist freilich in der neuesten Zeit von Schreiber und auf Grund von dessen Beobachtungen von Zanen angefochten worden. Ja, der letztere geht sogar soweit, den Mooren einen nachteiligen Einfluß auf den Wasserstand der Bäche und Flüsse zuzuschreiben, indem sie in nassen Zeiten vor allem bei der Schneeschmelze am meisten Wasser abfließen ließen, in den trockenen Zeiten die Feuchtigkeit aber festhielten.

Das ist insofern ja ganz richtig, als natürlich auch die Moore nur dann Wasser abgeben können, wenn reichliche Niederschläge gefallen sind und als ihre Aufnahmefähigkeit eine mit der Jahreszeit wechselnde, aber doch immer nur begrenzte ist. Ist sie erschöpft, so muß in geneigten Lagen das überschüssige Wasser zum Abfluß kommen, in ebenen füllt es die Gräben und Moortümpel, die Schlenken, und sickert aus diesen durch das Moor hindurch. Die Wasserabgabe des Moores besteht eben darin, daß jenes Wasser, das von den Torfmoosen nicht festgehalten werden kann, durch das Moor hindurchsinkt, bis es auf eine undurchlässige Schicht stößt, auf der es sich dann sammelt und in der Gefällsrichtung abfließt. Dieser Teil kommt dann meist der Quellbildung zugut, ihm verdanken die tiefer gelegenen Hänge einen großen Teil ihrer Feuchtigkeit und damit auch oft ihrer Fruchtbarkeit.

Der springende Punkt aber, den Zanen ganz übersehen hat, ist die Zeit, welche der Wasserabfluß auf dem Moor und auf Kulturgelände in Anspruch nimmt. Den oberirdischen Abfluß verzögern auf dem Moore die vielen Unebenheiten, das Durchsinken der Moos- und Torfschichten geht noch viel langsamer vor sich, noch tagelang nach dem Ende einer Regenperiode sind alle Zwischenräume zwischen den einzelnen Moospflanzen vollkommen mit Wasser angefüllt.

Zudem können die Beobachtungen Schreibers nicht als allgemeingültig angesehen werden, denn sie sind gemacht an den Randgräben, welche den unberührten Teil des Sebastiansberger Moors von dem im Abbau befindlichen trennen. An diesen ist aber der Torf natürlich der Austrocknung ausgesetzt, trockener Torf aber nimmt nur sehr schwer Wasser auf. Der Betrag, welcher hier zum Abfluß kommt, muß also viel größer sein, als im geschlossenen, wachsenden Moore.

Es wird also doch die alte Ansicht richtig sein, daß die Moore der Gebirge zwar nicht gegen große Hochwasserkatastrophen aber doch gegen das rasche Anschwellen der Bäche nach Wolkenbrüchen und ähnlichen Ereignissen Schutz gewähren, und somit erscheint die Erhaltung der größeren Schwarzwaldmisse als solche, ganz zweckmäßig. Ein Übergreifen derselben auf benachbartes Gelände läßt sich durch Anlage tiefer Umfassungsgräben verhüten.

Auch vom Standpunkt des Naturfreundes ist die Erhaltung der Misse zu begrüßen, sowohl weil sie eine Anzahl botanischer Seltenheiten bergen, die bei einer Trockenlegung unrettbar verloren wären, als weil sie selbst eine interessante Vegetationsformation bilden, deren Entstehung, wie wir sehen, vielfach vom Menschen verursacht wurde, deren weitere Entwickelung sich aber nach ihren eigenen — natürlichen — Gesetzen vollzog.

Anhang.

Zur Technik der Torfuntersuchungen.

Die Untersuchung des Torfes auf die Pflanzen, aus denen er entstanden ist, beginnt mit der Trennung der größeren makroskopisch erkennbaren Reste, von der völlig vertorften Masse und deren kleinen nur mikroskopisch bestimmbaren Einschlüssen. Auch bei der Bestimmung jener größeren Pflanzenteile ist selbstverständlich die Benützung des Mikroskopes meist unumgänglich.

Für diese Trennung ist die Aufschlämmung des Torfes notwendig. Hierfür fand ich in der mir zugänglichen Literatur nur die von Nathorst und Anderson erfundene Methode beschrieben. Diese gehen so vor — Bot. Zentralblatt LIV 1893 p. 196 —, daß sie den Torf möglichst frisch und feucht in eine ca. 30% Salpetersäurelösung einlegt, und darin 24—48 Stunden beläßt. Darauf wird die Masse aufgeschlämmt, mit der Hand zerbröckelt und durch ein Sieb von 1,8 mm Lochweite gegossen. Zur Untersuchung wird nur verwendet, was im Siebe liegen bleibt, und was in diesem und dem Schlämmgefäße oben aufschwimmt. Es sind dies meist Samen und Früchte, die infolge der Einwirkung der Salpetersäure mit Luftblasen erfüllt, daher schwimmfähig geworden sind. Die Salpetersäure bewirkt auch eine Bleichung der Pflanzenteile, die Behandlung damit kann daher zur Erleichterung der Bestimmung auch noch einmal wiederholt werden. Für diese empfiehlt übrigens Anderson auf die Schlämmung zu verzichten und direkt aus der erweichten Torfmasse mit Pinsel und Präpariernadel die Untersuchungsobjekte herauszuarbeiten. Formlose Torfpartikeln sollen auf Pollen und dergleichen mikroskopisch durchsucht werden. Wird geschlämmt, so geht nach meinen Erfahrungen wohl die Mehrzahl der Pollen durch das Sieb in den Abguß, dessen Untersuchung daher ratsam ist.

Wo die Bleichung der Blätter durch die Salpetersäure nicht genügt, empfiehlt Anderson, nach einem Vorschlag Schröters, mäßiges Kochen mit der Schultzeschen Flüssigkeit. Diese kann auch dienen um Vergleichsmaterial zu gewinnen, in dem man

rezente Pflanzenteile 1—2 Minuten darin kocht. Dadurch werden nach Anderson nur jene Gewebeteile zerstört, die auch dem natürlichen Vertorfungsprozeß erlegen wären (?).

Anfänglich habe ich nach diesem Verfahren gearbeitet, obwohl es mir nicht möglich war, den Torf immer frisch zu analysieren, da die Untersuchung der ganzen Schichtenserien neben den laufenden Arbeiten des Semesters, d. h. während einigen Nachmittagen jeder Woche erfolgen mußte. Die von Anderson vorgeschlagene Aufbewahrung unter Wasser war wegen der Transportverhältnisse und der Menge des zu untersuchenden Torfes ausgeschlossen. Das Material war daher vielfach schon sehr trocken geworden. Weiter hat die Benutzung von Salpetersäure den Nachteil, daß die Humussäuren — absorptiv ungesättigte Humuscolloide Ramanns — als flockiger Niederschlag ausgefällt werden, so daß das mikroskopische Bild getrübt wird.

Dieser zweite Umstand war es, der mir den Gedanken nahelegte, eine entgegengesetzte Methode zu suchen, d. h. die Humussäuren durch Verwendung alkalischer Lösungen auszuwaschen. Auch Anderson erwähnt, daß Kali und Natronlauge zum Lockern benützt werden können, doch soll das Einlegen nur wenige Stunden dauern. Auch hierbei habe ich mich wertvoller Ratschläge seitens des Herrn Professor Dr. Helbig erfreuen dürfen. Ich kam schließlich zu folgendem so einfachen und naheliegenden Verfahren, daß ich annehmen möchte, es sei auch andern Forschern lange bekannt und es nur mitteile, weil ich, wie gesagt, in der Literatur nichts darüber gefunden habe.

Der Torf wird in Stücken von etwa 1 cbdcm gewonnen und diese in eine schwache Ammoniakwasserlösung eingelegt, und wenn sie völlig erweicht, mit der Hand vorsichtig zerkleinert. Dabei müssen alle noch etwas festeren Teile unversehrt wieder in die Lösung eingelegt werden, damit nicht durch Reißen eine Beschädigung der Pflanzenreste erfolge. Mit Hilfe von verschieden weiten Sieben kann die erweichte und zerkleinerte Masse in Größenklassen zerlegt werden. Jede dieser wird dann gesondert weiter mit Ammoniakwasser ausgewaschen, indem man das Material in dieses einlegt, so daß es vollkommen bedeckt ist. Auch die feinsten Teilchen setzten sich dann als ein Schlamm auf den Boden, so daß es möglich ist, mit Hebern oder Pipetten die Flüssigkeit ohne nennenswerten Materialverlust zu entfernen, und

das Auswaschen zu wiederholen. Damit fährt man fort, bis die Ammoniaklösung sich nur noch ganz schwach gelblich färbt. Dann kann die eigentliche Untersuchung des Materials beginnen.

Das Auswaschen der Humussäuren nimmt bei diesem Vorgehen oft lange Zeit — bis zu 14 Tagen — in Anspruch, aber es sind dafür Beschädigungen der Pflanzenreste — wie sie durch Salpetersäure leicht verursacht werden — ausgeschlossen. Bei sehr stark vertorften Massen — z. B. den lebertorfartigen Grundschichten des Weingartner Wiesenmoores oder den tiefsten Proben aus dem Breitlohmiß — zeigte sich die Verwendung von 0,2 % Kalilauge zur ersten Aufschließung als arbeitsfördernder. Zur weiteren Bearbeitung habe ich aber auch bei solchen Proben später immer Ammoniak vorgezogen und auch mit diesem allein gute Erfolge gehabt. Selbstverständlich müssen die Gefäße sorgfältig zugedeckt werden, damit keine fremden Objekte eingeweht werden.

Tabelle I. zu S. 10. **Beschaffenheit des Torfes.**

Bohrloch (vergleiche die Profile)	O m	N m	M m	L m	K m	J m	H m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,2	0—0,1	0—0,1	0—0,1	0—0,2	0—0,1	0—0,1
Heller Sphagnum-Fasertorf	—	0,1—0,25	0,1—1,0	0,1—1,0	0,2—2,2[1]	0,1—0,5	0,1—0,8
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	—	0,25—0,50	1,0—1,5	1,0—2,4	2,2—2,8	0,5—2,9[2]	0,8—2,6
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	—	—	—	—	2,8—3,4	2,9—4,4	2,6—4,5
Strukturloser braunschwarzer Torf .	—	—	—	—	—	4,4—4,7	4,5—5,0

Noch Tabelle I.

Bohrloch (vergleiche die Profile)	A m	B m	C m	D m	E m	T m	S m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,2	0—0,1	0—0,3	0—1,6[4]	0—0,4	0—0,15	0—0,05
Heller Sphagnum-Fasertorf	0,2—1,1	0,1—1,1	—	—	—	—	0,05—0,80
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	1,1—2,3	1,1—2,1	0,3—2,1[3]	—	—	—	0,80—1,0
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	2,3—4,3	2,3—3,1	—	—	—	—	1,0—1,1
Strukturloser braunschwarzer Torf .	4,3—4,4	3,1—3,5	—	—	—	—	—

Noch Tabelle I.

Bohrloch (vergleiche die Profile)	R m	I m	II m	III m	IV m	V m	VI m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,1	0—0,3	0—0,1	0,—0,15	0—0,05	0—0,10	0—0,10
Heller Sphagnum-Fasertorf	0,1—0,95	0,3—1,1	0,1—1,1	0,15—1,0	0,05—0,6	0,1—0,5	0,1—0,2
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	0,95—2,2	1,1—2,3	1,1—2,3	1,0—2,6	1,0—2,6	0,5—1,15	0,2—0,5
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	2,2—2,5	2,3—3,6	2,3—4,7	2,6—5,0	2,6—3,5	—	—
Strukturloser braunschwarzer Torf .	—	—	4,7—5,0	5,0—5,1	3,5—3,6	—	—

Erläuterungen: Der Torf war fast überall mit Resten von Wollgras und Heidekraut durchsetzt, trotzdem ist er im ganzen als Fasertorf anzusprechen. Die Zahlen bedeuten Meter.

[1] An dieser Stelle trat Schwefelwasserstoff in auffälliger Menge auf. Vielleicht hängt damit der Erhaltungszustand zusammen.

[2] Bei 1,8 m war der Torf wieder etwas heller gefärbt als darüber und darunter.

[3] Bis zu 1 m zeigen sich Spuren der Zersetzung.

[4] Die tiefgehende Zersetzung erklärt sich aus der Nähe des Entwässerungsgrabens.

Übersicht der Holzartenreste in den Torfproben aus dem alten Torfstich.

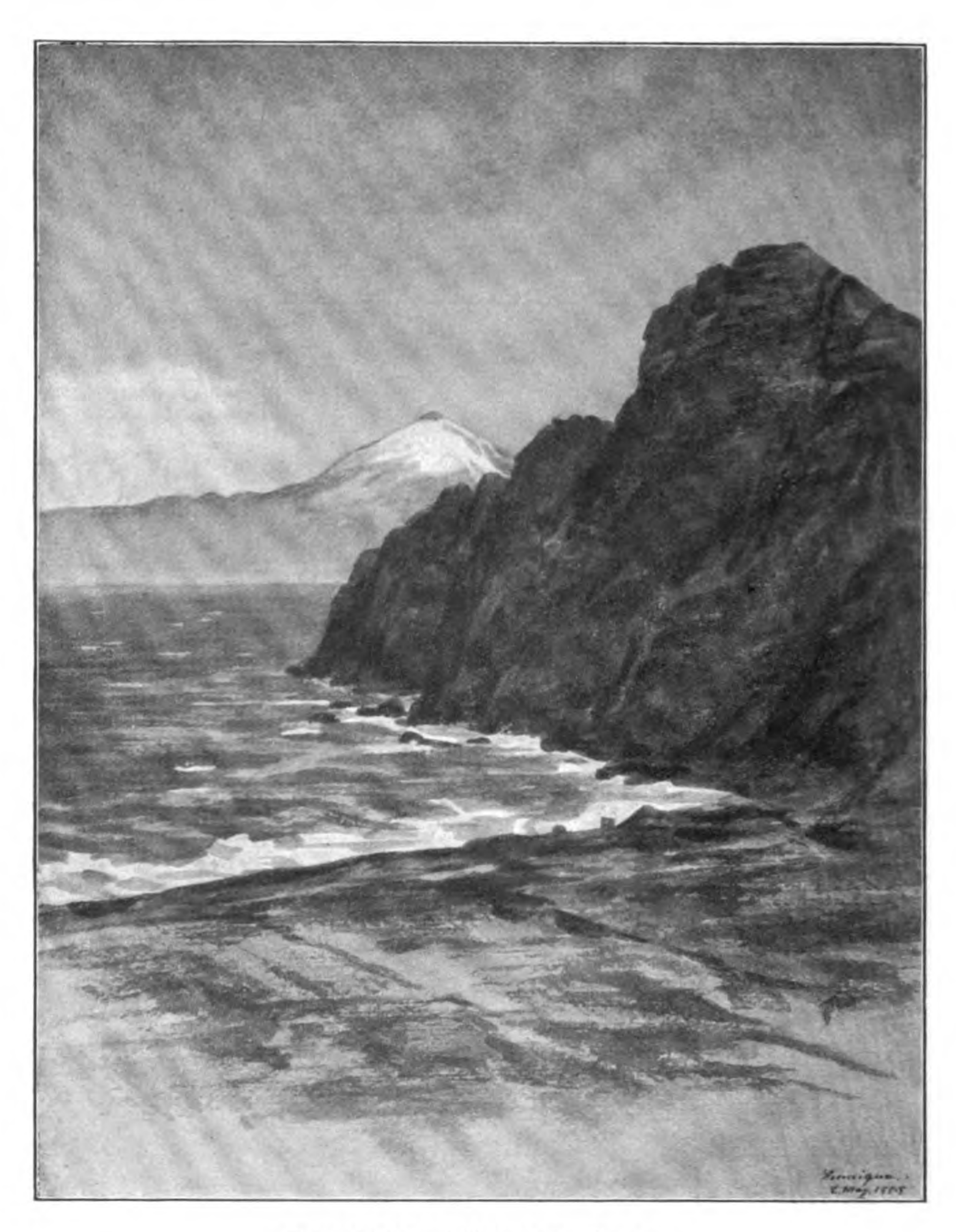
Tabelle II zu S. 13.

Schicht	Eiche	Buche	Birke	Sonstiges Laubholz	Legföhre	Kiefer	Fichte	Tanne
Untergrund	P.	P.	R. P.	—	P.	H. P.	P. H.	P.
Übergangsschicht	P.	P.	H. P.	—	P.	R. P. K.	P. H.	H. P.
Unterster Torf (1,90—2,16 m) .	H. P.	P.	H. R. B. P.	Weidenholz	H. P.	H. P. R.	H. P.	H. P.
Torf aus 1,44—1,90 m . . .	P.	P.	H. P.	—	H. F. P. R.	H. R. B. P.	P.	P.
» » 1,20—1,44 » . . .	P.	P.	H. P.	—	H. P.	H. P.	H. B. P.	H. P.
» » 0,96—1,20 » . . .	—	P.	H. P.	—	P. F.	H. R. P.	P.	P.
» » 0,60—0,96 » . . .	P.	P.	P.	—	P. F.	H. P.	P.	P.
» » 0,36—0,60 » . . .	P.	P.	P. H.	Haselpollen	P. H. R.	P.	P.	P.
» » 0,12—0,36 » . . .	P.	P.	P.	»	H. P.	P.	P.	P.
Oberste Schicht	P.	P.	H. P.	—	H. P.	H. P.	P.	P.

Erläuterungen:

B. = Blätter oder Nadeln, H. = Holz, K. = Kohle, R. = Rinde, P. = Pollen, F. = Früchte.

Die Untersuchung erfolgte in Schichten von 12 cm Stärke, die in der Tabelle gruppenweise zusammengefaßt sind.



Felsenküste bei Hermigua, Gomera

GOMERA

die Waldinsel der Kanaren

Reisetagebuch eines Zoologen

von

WALTHER MAY

Mit 39 Abbildungen nach Aquarellen, Zeichnungen
und Photographien von Clara May, 4 Abbildungen
nach Photographien von Curt Gagel
und 4 Kartenskizzen

Vorwort

Im Winter 1907/08 unternahm ich eine zoologische Studien- und Sammelreise nach der kanarischen Insel Gomera, über deren Verlauf und Ergebnisse ich in dieser Arbeit berichte. Die Großherzoglich badische Regierung bewilligte mir auf Befürwortung der Herren Geh. Rat Dr. Engler und Geh. Hofrat Dr. Nüßlin einen Reisezuschuß aus der v. Kettnerschen Stiftung, wofür ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank ausspreche. Für die Bestimmung meiner Sammlungen bin ich den folgenden Herren zu Dank verpflichtet: Dr. Graf Attems-Wien (Myriopoden), Dr. Augener-Hamburg (Polychaeten), Prof. Dr. Budde-Lund-Kopenhagen (Isopoden), Prof. Dr. Escherich-Tharandt (Lepismatiden), Prof. Dr. Forel-Yvorne (Formiciden), Prof. Dr. Handlirsch-Wien (Hemipteren), Dr. Hartmeyer-Berlin (Ascidien), Dr. Henglein-Karlsruhe (Gesteine), Dr. Herzog-Darmstadt (Bryophyten), Heydrich-Wiesbaden (Kalkalgen), Dr. Krauß-Tübingen (Orthopteren), Dr. Kuntzen-Berlin (Coleopteren), Prof. Dr. Lauterborn-Ludwigshafen (Süßwassertiere), Dr. Leschke-Hamburg (Heliciden), Dr. Lindinger-Hamburg (Cocciden), Prof. Dr. Michaelsen-Hamburg (Oligochaeten), Prof. Dr. Paulcke-Karlsruhe (Gesteine), Dr. Pax-Breslau (Anthozoen), Major Reinbold-Itzehoe (Algen), Dr. Rikli-Zürich (Phanerogamen), Prof. Dr. Schenck-Darmstadt (Pteridophyten und Phanerogamen), Prof. Dr. Schroeter-Zürich (Phanerogamen), Prof. Dr. Simroth-Leipzig (Limaciden), Dr. Steindachner-Wien (Pisces), Dr. Steiner-Wien (Lichenen), Dr. Steinhaus-Hamburg (Decapoden), Dr. Strand-Berlin (Arachniden), Prof. Dr. Weltner-Berlin (Spongien und Cirripedien). Weitere Unterstützung durch Ratschläge und Überlassung literarischer Hilfsmittel verdanke ich den Herren Kunstmaler Baumeister-Karlsruhe, Dr. Hennings-Karlsruhe, Buchhändler Jahraus-Straßburg, Prof. Dr. Kraepelin-Hamburg, Apotheker Kuhnt-Friedenau, Custos Lampe-Wiesbaden, Präparator Leist-

Karlsruhe, Prof. Dr. Plate-Jena, Dr. Reh-Hamburg und Dr. Zimmer-Breslau. Herr Prof. Dr. Gagel-Berlin überließ mir freundlichst vier Photographien der Caldera von La Palma zur Wiedergabe in dieser Arbeit, für die übrigen Abbildungen bin ich meiner Schwester, Frl. Clara May-Cassel, zu Dank verpflichtet. Endlich sei auch Seiner Exzellenz dem Gouverneur der kanarischen Inseln, Herrn Santos y Ecay, und dem deutschen Konsul zu Santa Cruz de Tenerife, Herrn Ahlers, für die Erleichterungen, die sie mir während meines Aufenthalts auf den Kanaren zuteil werden ließen, sowie allen denen, die mir durch Rat und Tat während meiner Gomerafahrt beigestanden haben, von ganzem Herzen gedankt.

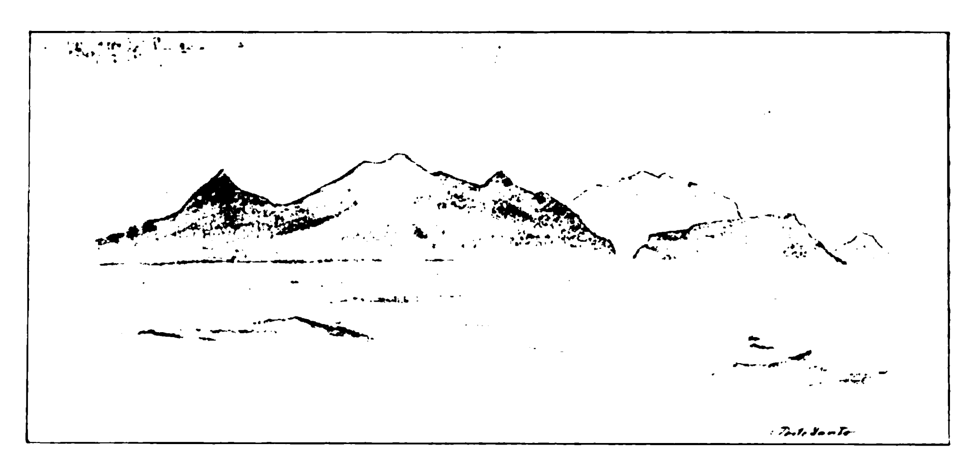
Über die Ergebnisse meiner Sammlungen sind bis jetzt die folgenden beiden Arbeiten erschienen: Pax, Aktinien von Gomera (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 45, 1909) und Strand, Arachniden von der kanarischen Insel Gomera (Archiv für Naturgeschichte, 1911, I, 2). Über die Limaciden wird Herr Prof. Simroth im Nachrichtenblatt der deutschen malakozoologischen Gesellschaft berichten, über die Myriopoden hat Herr Dr. Graf Attems eine kleine Arbeit vorbereitet.

Karlsruhe, im Dezember 1911

Walther May

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen



Porto Santo

Erstes Kapitel

Von Hamburg nach Gomera

Seit den Tagen Alexander von Humboldts sind die kanarischen Inseln ein bevorzugtes Reiseziel der Naturforscher gewesen. Aber keineswegs alle Glieder dieses atlantischen Archipels erfreuten sich gleicher Beachtung. Während Teneriffa, Gran Canaria und La Palma die Zoologen und Botaniker immer von neuem lockten, haben die übrigen Inseln nur vereinzelte Forscher für längere Zeit zu fesseln vermocht, und besonders das urwaldbedeckte Felseneiland Gomera hat unter einer fast sträflichen Vernachlässigung zu leiden gehabt. Im Jahre 1862 schrieb der Botaniker Bolle folgendes über diese Insel: »Kaum gibt es gegenwärtig unter den zivilisierten ein unbekannteres Land. Vernachlässigt von den eigenen Herren, verrufen bei den Nachbarn und von ihnen gescheut, kaum gestreift von dem Forscherblick der Wissenschaft und von ihrem Fuß unbetreten, arm und unfrei, scheint jener horror sylvarum, der Gomera umlagert, scheinen die dichten Schatten der es einhüllenden Urwälder auch die Klarheiten des Jahrhunderts von ihm fernhalten zu wollen.« Diese Worte haben zum Teil noch heute ihre Geltung, und sie waren es, die mich veranlaßten, gerade diese Insel zu längerem Aufenthalt zu erwählen, als sich mir Gelegenheit zu einer Reise nach den Kanaren bot.

Gomera liegt unter dem 28.° nördlicher Breite, ist von rundlicher Gestalt, domförmig aufgebaut und erhebt sich in dem Rücken

des Alto de Garajonay zu einer Höhe von 1340 Metern. Seine größte Länge in der Richtung von Osten nach Westen beträgt etwa 25, seine größte Breite in der Richtung von Norden nach Süden etwa 22 Kilometer. Von dem mit urwüchsigem Lorbeer- und Baumheidewald bedeckten Hochplateau steigen nach allen Seiten tief eingeschnittene Täler, Barrancos, bis zur Küste hinab, wo sie sich in sandigen Buchten öffnen. Die Barrancos sind im Winter von oft stark angeschwollenen Bächen durchflossen, die auf Steinen und Felsblöcken überschritten oder durchwatet werden müssen, da Brücken und Stege nicht existieren. Ebensowenig sind Landstraßen vorhanden, nur schlechte, mit Steingeröll bedeckte Maultierpfade. An den Küsten stürzen die Felsen in steilen, bis zu 600 m hohen Klippen zum Meere ab. Die Insel zählt gegen 15000 unter spanischer Herrschaft stehende Einwohner, die auf zwei Städte, San Sebastian mit 3000 und Valle Hermoso mit 5000 Bewohnern, und einige dreißig Dörfer und Weiler verteilt sind. Sie leben größtenteils von Ackerbau, Viehzucht und Fischerei. Bananen, Tomaten, Kartoffeln und ein anderes, »Ñame« genanntes Knollengewächs (Colocasia esculenta), Feigen, Orangen, Weizen, Gerste und Mais werden angebaut, und zahlreiche kanarische Palmen (Phœnix jubae) zieren die Täler. Kleine Fruchtdampfer vermitteln den Verkehr zwischen den Küstenorten. Von den überseeischen Dampfern wird dagegen Gomera nicht angelaufen, und der Reisende muß von Santa Cruz, der Hauptstadt Teneriffas, mit einem kleinen Lokaldampfer über La Palma und Ferro nach Gomera fahren, was fast zwei Tage dauert, obgleich Gomera in gerader Richtung nur etwa 25 Kilometer von Teneriffa entfernt liegt.

Am Freitag, den 1. November 1907, früh halb neun Uhr, begab ich mich mit meiner Schwester an Bord des Dampfers »Hans Woermann«, der am Petersenkai in Hamburg vor Anker lag und uns nach Teneriffa bringen sollte. Da sich die Abfahrt, die auf neun Uhr festgesetzt war, um drei Stunden verzögerte, so hatten wir reichlich Muße, das Leben und Treiben im Hafen zu beobachten. Vom Hinterdeck des Schiffes aus sahen wir vor uns den Woermanndampfer »Thekla Bohlen«, der an Back- und Steuerbord Kisten und Bretter einlud, die vom Kai und aus einem Boot mit dem Krahn in die Luft gehoben und dann in die unerschöpflich scheinende Tiefe des Dampfers hinabgelassen

wurden. Links von uns lag der Dampfer »Swakopmund«, der Kohlen einnahm. In ununterbrochener Folge wand der Flaschenzug die beladenen Körbe aus dem Kohlenkahn auf Deck, wo sie ausgeladen und leer wieder hinabgelassen wurden, um von neuem gefüllt und unter dem eintönigen Rasseln der Maschine wieder aufgewunden zu werden. Hinter »Swakopmund« ragten die Masten von »Ella Woermann« empor, auf der alles Leben erstorben schien. Weiter hinaus konnte der Blick nicht dringen, es war ein echter trüber Hamburger Novembertag mit schwerem Himmel und nebliger, rauchgeschwängerter Luft.

Um zwölf Uhr mittags wurden die Anker gelichtet, und langsam führte der kleine Schleppdampfer das Schiff bis zu den St. Pauli-Landungsbrücken, wo er es der eigenen Bewegungskraft überließ. Die Höhen von Blankenese zogen vorüber, um von flachen Ufern abgelöst zu werden. Gegen drei Uhr, als das Schiff bei Hohenhorst angelangt war, rasselte der Anker wieder in die Tiefe, und der Woermanndampfer schickte sich an, Pulver einzunehmen, das im Hamburger Hafen nicht geladen werden durfte. Mehrere Stunden lang arbeitete der Krahn, um das in unzähligen kleinen Fäßchen verpackte Pulver in Körben aus zwei Kähnen in den Lagerraum unseres »Hans« zu befördern. Die Besorgnisse der Passagiere, mehrere Wochen lang auf einem mit Explosionsstoffen gefüllten Untergrunde wandeln zu müssen, wurden von kompetenter Seite durch die Versicherung beschwichtigt, daß das als Tauschgegenstand für die afrikanischen Neger bestimmte Pulver zur Hälfte aus Elbsand bestehe, so daß man ruhig ein Streichholz hineinhalten könne.

Erst um zwölf Uhr nachts erfolgte die Weiterfahrt; als ich aber gegen acht Uhr früh das Deck betrat, lag das Schiff in der Gegend von Kuxhafen bereits wieder still. Alles war in undurchdringlichen Nebel eingehüllt, der sich aber glücklicherweise in einer halben Stunde lichtete, so daß wir bei schönem Wetter in die Wesermündung einfahren konnten, gefolgt von zahlreichen Möven, deren eleganter Flug das Auge entzückte. Um halb zwei Uhr gingen wir bei Nordenham gegenüber Bremerhafen vor Anker, um neue Ladung einzunehmen, und blieben hier bis zum nächsten Morgen liegen. Wir hatten so Gelegenheit an Land zu gehen und in der kleinen, von einem Deiche geschützten Stadt, bei der sich ein Kabelwerk befindet, einige Einkäufe zu

machen und im Hafen ein großes, prachtvoll getakeltes Segelschiff, das neben unserem »Hans« lag, zu besichtigen.

Am folgenden Tag, den 3. November, wehte ein sehr kalter Wind, doch war der Himmel klar und sonnig, als wir die Reede von Nordenham verließen. Gegen ein Uhr wurde der Rote Sandleuchtturm passiert, und der Bremer Lootse verließ auf schwankendem Kahn unsern Dampfer, um von dem Lootsenschiff aufgenommen zu werden. Zur Linken sah man die flachen Gestade der friesischen Inseln.

Am 4. November hatten wir sehr ruhige See und klaren, tiefblauen Himmel. Wir sahen zunächst nichts als Himmel und Wasser, bis gegen zehn Uhr Hoek van Holland auftauchte, jene berühmte »Spitze von Holland«, bei der wenige Monate vorher der schreckliche Untergang des Dampfers »Berlin« stattgefunden hatte. Jetzt lag das Meer glatt wie ein Spiegel da, und man konnte sich keine Vorstellung von dem Wüten der Elemente machen, wie es damals geherrscht haben mußte. Wir fuhren in die Mündung der neuen Maas ein, die zwischen flachen, grünen Geländen mit Windmühlen und holländischem Fleckvieh ruhig dahinfließt. Inmitten des Flusses wurde gegen Mittag unser Schiff an drei Bojen befestigt, und nun wanderte das in der Elbe eingeladene Pulver, das in den Hafen von Rotterdam trotz seines Sandgehaltes nicht eingeführt werden durfte, wieder aus dem Bauche unseres »Hans« heraus und wurde in zwei Kähnen, die durch die rote Pulverflagge gekennzeichnet waren, in einer kleinen Bucht des Flusses beigelegt, um hier drei Tage lang liegen zu bleiben, bis es auf der Rückfahrt wieder in die Tiefen unseres Schiffes zurückkehren durfte. Sodann setzten wir unsere Flußfahrt fort und langten gegen fünf Uhr im Rijnhafen von Rotterdam an, wo wir uns bei Sonnenuntergang an dem schönen, malerischen Hafenbild erfreuten.

Der dreitägige Aufenthalt in Rotterdam ermöglichte mir, die alte holländische Handelsstadt nach allen Richtungen hin zu durchstreifen. Sie bot gerade damals infolge des großen Hafenarbeiterstreiks ein eigenartiges Bild. In den Straßen am Hafen standen die ausständigen Arbeiter zu hunderten müßig, aber durchaus ruhig umher; kleine Trupps von Soldaten mit aufgepflanztem Bajonett durchzogen, von je einem Polizisten geführt, die Straßen; in schlichte Mäntel eingehüllte, berittene Husaren,

an deren Uniform man die blanken Knöpfe unserer deutschen Truppen nicht ungern vermißte, hielten an manchen Punkten Wache. Ungeheure Warenmassen lagen an den Kais unter freiem Himmel aufgespeichert, und manche der schönen Kanäle, die die Stadt nach allen Richtungen hin durchziehen, waren durch die Menge der in Untätigkeit versetzten Fahrzeuge fast verstopft. Trotz der Stockung der Arbeit, die überall zu bemerken war, machten aber doch Hafen und Stadt den Eindruck regen, flutenden, aber in ungewöhnliche Bahnen eingelenkten Lebens.

Über den breiten Maasstrom führt eine kolossale Eisenbahnbrücke und daneben eine Brücke für Wagen und Fußgänger. Über sie gelangte ich auf die große Flußinsel Nordereiland, von der aus ich schöne Blicke auf die von zahlreichen Schiffen belebte Maas genoß. Heimatgedanken wurden wach, als der Frachtkahn »Erbgroßherzog von Baden« der »Neuen Karlsruher Schiffahrtsaktiengesellschaft« vorüberzog.

Bei meinen stundenlangen Streifereien durch die Stadt erfreute ich mich an den sauberen holländischen Häusern mit ihren eleganten Türen und großen Schiebefenstern, bewunderte die alten, schmalen Häuser in der Hoogstraat, das elfstöckige Wittehuis, den mächtigen Eisenbahnviadukt, der die Stadt durchzieht und die drei Windmühlen, die sich mitten in der Stadt erheben, besichtigte auch pflichtgemäß das Museum Boymans mit seinen wenig bedeutenden Gemälden, den zoologischen Garten, wo mich ein Urang-Utan freundschaftlich begrüßte, das Erasmusdenkmal sowie den Brunnen, der auf dem neuen Markt zur Erinnerung an die Unabhängigkeitserklärung der Niederlande steht, wo mich die Schulkinder umtanzten und wissen wollten, ob ich ein »Englishman« oder ein »Germanman« sei.

Für alles das nahm ich das schlechte Pflaster der holländischen Hafenstadt und die noch schlechteren Nächte auf dem Schiff gern in Kauf. An Schlafen war nicht zu denken wegen des ununterbrochenen Ladens und Rasselns der Maschine. Ich ging um drei Uhr nachts an Deck und sah unter mir das Fahrzeug, aus dem der Krahn die Ballen mit Torfmull, der in Teneriffa zum Verpacken der Früchte verwendet wird, heraushob. Ich sah auch die zahlreichen Kisten mit Schnaps, die hier zur Vergiftung unserer schwarzen Landsleute in Afrika eingeschifft wurden, und die Kisten mit Kalkpfeifen, die als Tauschmittel

für die Neger und Negerinnen nach dem dunkeln Erdteil verfrachtet werden.

Als ich zum letzten Mal in den Straßen von Rotterdam umherwanderte, wurde ich abends von einem so dichten Nebel überrascht, daß ich mich nur mit Schwierigkeit zu dem Fährboot zurückfinden konnte. Im Hafen hörte man von allen Seiten ein ohrenzerreißendes Tuten, Pfeifen und Läuten, die einzigen Mittel, durch die das kleine Fahrzeug seine Bahn zurücklegen konnte. Ich war froh, als ich glücklich wieder an Bord des »Hans« angelangt war, der am Freitag, den 8. November, früh 9 Uhr, gerade acht Tage nach seiner Abfahrt von Hamburg, den Rotterdamer Hafen verließ, das Pulver in der Maas wieder einnahm und dann bei schönstem Wetter dicht an dem Leuchtturm von Hoek van Holland vorbei in die Nordsee hinausdampfte. Die Mondsichel glänzte am Himmel, und ich stand an der Spitze des Schiffes und schaute gedankenvoll in die Ferne über die endlose Wasserfläche, die sich vor mir ausbreitete.

Am 9. und 10. November passierten wir den Kanal bei heiterem Himmel und ruhiger See. Von den gefürchteten Nebeln dieses Wasserarmes blieben wir verschont. Als wir auf der Höhe der Insel Wight angekommen waren, umtanzte eine Schar Delphine das Schiff, über deren possierliche Sprünge sich die Passagiere, die sie für Haifische hielten, halb tot lachen wollten. Am Sonntag, den 10. November, wurde gegen 10 Uhr früh die Insel Ouessant mit ihrem Leuchtturm sichtbar, und vier Signalflaggen wurden an der Spitze unseres Schiffes gehißt. Wir fuhren nun fast zwei Tage an der Mündung des Golfes von Biskaya entlang, ohne jedoch weder von seinem Golfcharakter noch von seinen berüchtigten Stürmen etwas zu bemerken. Wir sahen nichts als Himmel und Wasser, und die See war, von der Dünung abgesehen, sehr ruhig. Auch hier bemerkten wir wieder Delphine am Bug des Schiffes. Die Höhe der Straße von Gibraltar wurde am 13. November gegen sechs Uhr abends erreicht, und am nächsten Tag fuhren wir längs der marokkanischen Küste hin, ohne jedoch etwas von ihr zu sehen. Plötzlich tauchte gegen vier Uhr die Insel Porto Santo wie ein verzaubertes Eiland an Steuerbord aus dem Meere auf, und wir genossen zwei Stunden lang den Anblick ihrer scharf umrissenen, spitzen, kegelförmigen Berge und kleinen vorgelagerten Felsen,

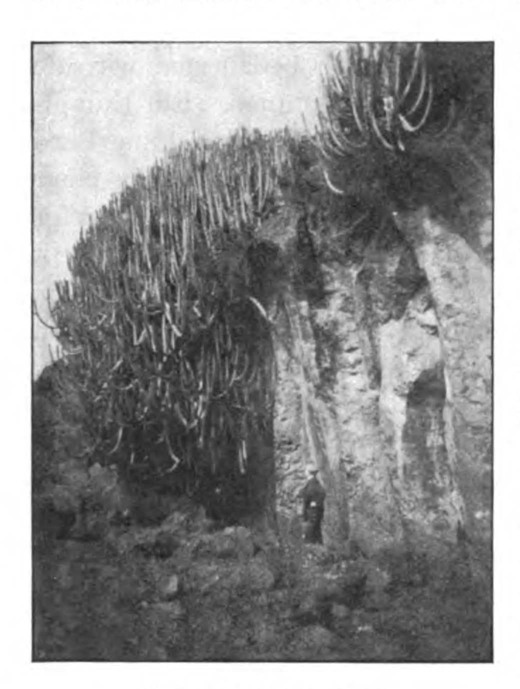
nachdem wir fast vier Tage nichts als Himmel und Wasser gesehen hatten.

Nach einer weiteren Stunde, gegen sieben Uhr abends, sah ich den Leuchtturm an der Ostspitze von Madeira. Wir fuhren längs der Ostküste der Insel hin, deren Umrisse in der Dunkelheit nur schwach zu erkennen waren, und gingen um neun Uhr abends im Hafen von Funchal vor Anker. Die zahllosen Lichter der Stadt, die vor dem dunkeln Hintergrund der Berge erglühten, boten einen prachtvollen Anblick, aber doch bedauerten wir, die Insel nicht am Tage sehen und betreten zu können. Ein Dampfboot fragte an, ob der Arzt noch am selben Abend an Bord kommen solle, was bejahend beantwortet wurde. Nach einer halben Stunde legte das Boot mit dem Arzte an unserem Dampfer an, und die Papiere wurden geprüft. Dann folgte ein Boot mit Postbeamten, die zwei große Briefsäcke in Empfang nahmen, darauf ein Boot mit Zollbeamten, und endlich erkletterten noch mehrere Händler das Schiff, um Stickereien und Ansichtskarten feilzubieten. Es ging aber alles sehr ruhig und ohne die bekannte südländische Lebhaftigkeit von statten. Zwei Passagiere wurden ausgebootet, drei neue eingeschifft. Um drei Uhr nachts erfolgte die Weiterfahrt bei etwas Regen; die Luft war außerordentlich mild, und das südliche Klima machte sich zum ersten Male geltend.

Am nächsten Tag war Madeira den Blicken entschwunden, und wir sahen wiederum nur Himmel und Wasser, bis das Schiff am 16. November, früh fünf Uhr den Hafen von Santa Cruz de Tenerife erreichte. Ich lag noch in tiefem Schlaf als die Einfahrt erfolgte, und beim Erwachen sah ich durch das Fenster meiner Kabine die bizarren, scharf vom Himmel sich abhebenden Felsformen der Anagakette vor mir.

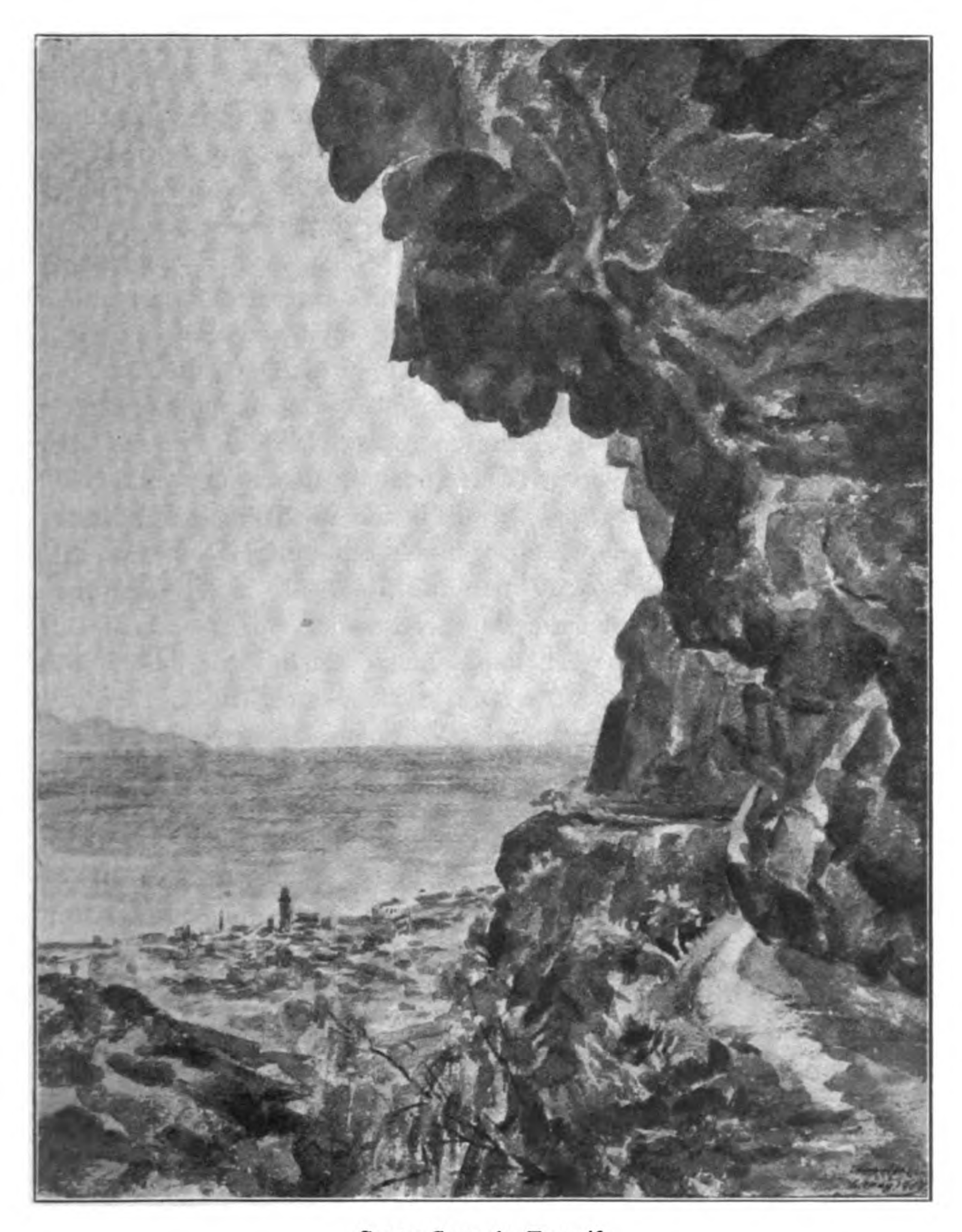
Santa Cruz, die Hauptstadt Teneriffas, ist so oft in den zahlreichen kanarischen Reisebeschreibungen charakterisiert worden, daß ich hier auf eine eingehende Schilderung verzichten kann. Die Stadt bietet mit ihren bunten, flachdachigen Häusern einen malerischen und durchaus südländischen Anblick dar. Weniger eigenartig ist der Charakter der Bevölkerung, von der nur noch die Landleute charakteristische Trachten haben, so die Männer die Manta, eine lange, bis auf die Knöchel reichende Wollendecke, die sie über die Schultern hängen. Auf der Land-

straße, die am Fuß der Anagakette längs der Küste von Santa Cruz nach dem kleinen Fischerdorf San Andres führt, begegnen dem Wanderer nicht nur Esel und Maultiere, sondern auch schwer beladene Kamele. In den künstlichen oder erweiterten natürlichen Höhlen an der Seite dieser Straße wohnen die ärmeren Leute fast ohne Hausgerät mit ihren Ziegen, Schweinen, Hunden und Hühnern zusammen. Auf die Berge bei Santa Cruz führen Pfade längs der frei über dem Boden verlaufenden gemauerten Rinnen, die das Wasser von den Höhen in die Stadt leiten; von diesen Pfaden aus genießt man prachtvolle Blicke auf die Stadt mit ihrer weißen Arena, in der Stierkämpfe abgehalten werden, auf den von zahlreichen Schiffen belebten Hafen und auf das blaue Meer, aus dem bei klarem Wetter im Hintergrund die Umrisse von Gran Canaria auftauchen. Auch die charakteristische Vegetation der Kanaren tritt hier dem Wanderer entgegen, namentlich die seltsame, säulenkaktusartige kanarische Wolfsmilch (Euphorbia canariensis), die der Botaniker Christ das Wunder der kanarischen Flora genannt hat.



Kanarische Wolfsmilch

Ich besuchte während meines sechstägigen Aufenthalts in Santa Cruz den deutschen Konsul, Herrn Ahlers, und in dessen liebenswürdiger Begleitung den Gouverneur der kanarischen Inseln, Herrn Joaquin Santos y Ecay. Am Tage nach diesem Besuch stand in den Zeitungen ein Rundschreiben der Zivil-Regierung, das meine Ankunft in der Hauptstadt meldete und den Behörden, speziell den Bürgermeistern der Provinz angelegentlich empfahl, »den Dr. Walther May zu beschützen und beschützen zu lassen, in der Erwägung, daß es ihre Pflicht sei, soweit es in ihrer Macht liege, die Erfüllung seiner Mission zu erleichtern



Santa Cruz de Tenerife

und seine Person sowie das wertvolle wissenschaftliche Material, das er mit sich führe, zu bewachen«. »Von dem anerkannten Eifer der lokalen Behörden«, so schloß das Rundschreiben, »verspreche ich mir ferner, daß sie, durchdrungen von dem außerordentlichen Werte, den solche wissenschaftlichen Forschungen besitzen, sich um die öffentliche Mitwirkung zu deren Gunsten bemühen werden, die sicher freiwillig und gern von den Einwohnern der Provinz geleistet werden wird, mit Rücksicht auf die Ehre, die sie durch den Besuch des gelehrten Professors der Karlsruher Hochschule erhalten, der zur Propaganda der Schönheiten und bevorzugten Gaben beitragen wird, die die Natur den Kanaren verliehen hat.«

Mit diesem Schriftstück in der Tasche konnte ich ruhig den Fährlichkeiten meiner Gomerafahrt entgegensehen; ich reiste mit ihm, um mit Konsul Ahlers zu reden, »wie ein Fürst«.

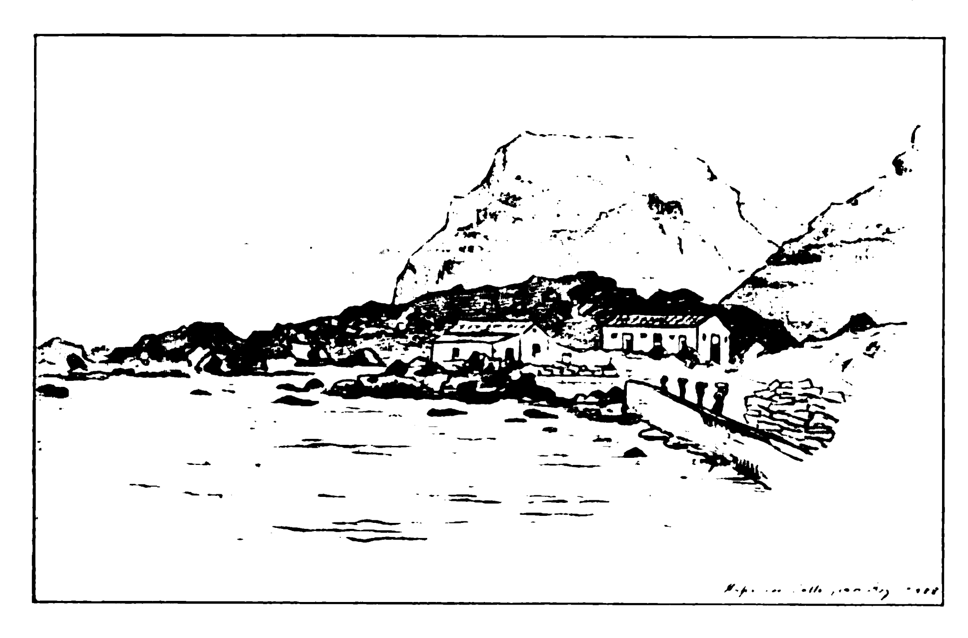
Am Donnerstag, den 21. November, traf ich die Vorbereitungen zur Reise von Teneriffa nach Gomera. Gegen neun Uhr abends erfolgte die Abfahrt des kleinen spanischen Lokaldampfers »Leon y Castillo«, der den Verkehr zwischen den Inseln vermittelt. Meine Schwester blieb zunächst in Teneriffa zurück und wollte mir später nachfolgen. Es war trübes, regnerisches Wetter, und schwere Wolken hingen über den Bergen Teneriffas, wie denn überhaupt meine Wanderungen in der Umgebung von Santa Cruz durch wolkenbruchartige Regengüsse fast immer gestört worden waren. Wir fuhren nordwärts entlang der Küste, vor der zahlreiche Fischerkähne lagen und durch Kienfeuer die Fische anlockten. Die Berge sahen ganz schwarz aus, und bei der Fahrt um die Nordostspitze der Insel brauste der Sturm dem Schiff so heftig entgegen, daß ich mich kaum auf dem Deck zu halten vermochte. Der kleine Dampfer schwankte sehr stark, und ich wurde zum ersten Male etwas seekrank. Des Sturmes müde suchte ich die kleine, neben dem Speisesalon gelegene Kabine auf, die für vier Personen bestimmt, jetzt aber von mir allein bewohnt war.

Als ich nach gutem Schlafe früh um sieben Uhr erwachte, lag das Schiff im Hafen der Hauptstadt von La Palma, die denselben Namen führt wie die Hauptstadt Teneriffas. Santa Cruz de la Palma zieht sich terrassenartig die bewaldeten Berge hinauf, ich sollte es auf der Rückfahrt genauer kennen lernen. Zwei

spanische Offiziere, die zur Inspektion nach Gomera kommandiert waren, schifften sich hier ein. Das Laden des Schiffes dauerte bis gegen elf Uhr, dann ging es in ruhiger, etwa sechsstündiger Fahrt weiter nach Ferro.

Die berühmte Meridianinsel kam mir vor wie das Ende der Welt. Ich sah ein ödes, trostloses, nur mit Wolfsmilch bewachsenes Felseneiland sich aus dem Meere erheben. An der kleinen, von stark ausgewaschenen und zerklüfteten Basaltfelsen umgebenen Hafenbucht, in der wir vor Anker gegangen waren, standen ein Lagerhaus, ein Kapelle und zwei kleine, weiße, flachdachige Herbergen (Fondas), von denen jede nur einen einzigen Raum enthielt. Das Ganze sah recht romantisch aus als der Abend hereinbrach und drei Lichter an den Häusern flackerten. Um die außerordentliche Primitivität der dortigen Verhältnisse zu charakterisieren, erzählte ein Schiffspassagier, daß die Bewohner der Hauptstadt Valverde, deren Häuser auf der Höhe der Insel sichtbar waren, als Lampe eine mit Öl gefüllte Kaffeekanne benutzen, durch deren Ausguß sie den Docht hindurchziehen.

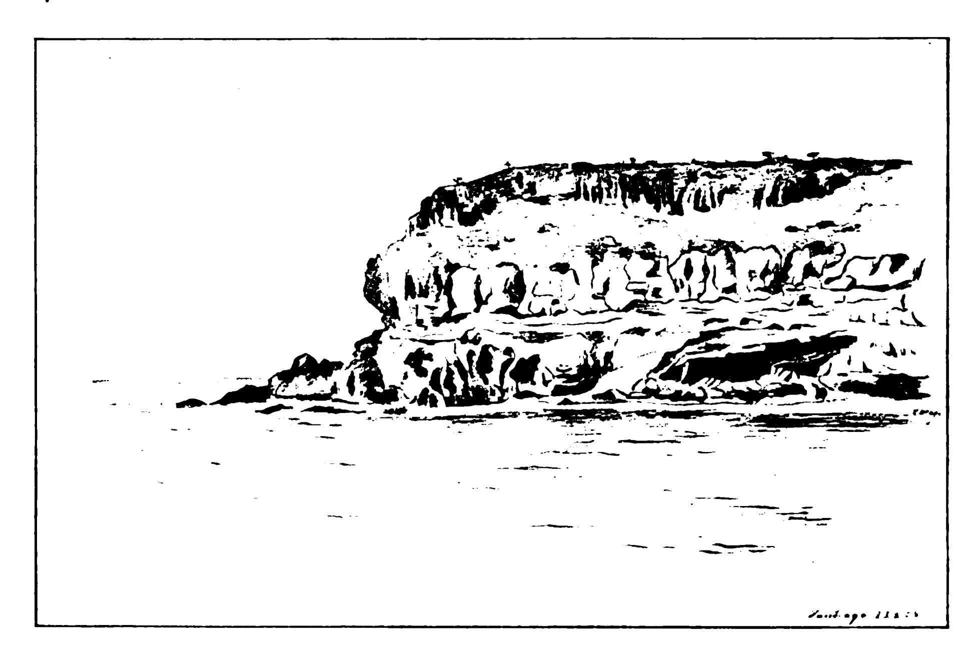
Wir blieben eine Nacht im Hafen von Ferro liegen und fuhren am nächsten Morgen bei schönem Wetter weiter. Nach mehreren Stunden wurden die hohen Felsen der Südwestküste von Gomera sichtbar, und um die Mittagszeit landeten wir im Hafen von Valle Gran Rey, dem Tal des großen Königs, an dessen Ausgang weiße, von Palmen überragte Häuser auf einem kleinen Hügel liegen. Ich muß sagen, daß ich beim ersten Anblick der ersehnten Insel ziemlich stark enttäuscht war. Ich hatte in Bolles Schilderungen von den urwüchsigen Lorbeerwäldern gelesen, die diese Insel im Gegensatz zu den anderen Kanaren noch bedecken, von den schwellenden Moosen, mächtigen Farrenkräutern und üppigen Schlingpflanzen, die diesen Wald zieren sollten, und nun trat mir ein nacktes, nur durch Wolfsmilchsträucher grün geflecktes Felseneiland entgegen, das sich nicht wesentlich von dem traurigen Ferro unterschied, das wir soeben verlassen hatten. Ich wußte damals noch nicht, daß die südliche Inselhälfte der kahlste Teil Gomeras ist und die gewaltigen Lorbeerwälder, deren es sich in der Tat noch erfreut, sich nur auf den Höhen und in den nördlichen und nordwestlichen Gegenden ausbreiten, wo ich sie dann später auch tagelang durchwandern sollte.



Hafen von Valle Gran Rey

Im Hafen von Valle Gran Rey, wo bereits ein kleiner Fruchtdampfer lag, blieben wir fast vier Stunden. Während dieses Aufenthaltes wurden siebzig Ochsen eingeladen, die auf der Rückfahrt des Schiffes nach Teneriffa gebracht werden sollten. Das Einladen der großen und schönen Tiere war ein ziemlich aufregendes Schauspiel. Unter furchtbarem Geschrei der am Ufer versammelten Menschen wurden sie in das Wasser getrieben, tauchten unter und wieder auf, worauf man sie mit den Hörnern an den beiden Seiten eines Bootes festband, mit dem sie schwimmend zum Schiff herüberkamen. Das Verbringen aus dem Boot in den Lagerraum des Dampfers erfolgte in recht tierquälerischer Weise. Die Ochsen wurden nicht, wie es sonst beim Verladen von Vieh üblich ist, mit dem Bauche auf ein Tuch gelegt und in horizontaler Stellung hinübergeführt, sondern man legte ihnen einen Ring um die Hörner, an dem die Kette des Krahnes befestigt wurde, und senkrecht hängend wurden sie in die Höhe gezogen und in die Tiefe des Schiffes hinabgelassen. Es war häßlich mit anzusehen, wie den armen Tieren bei diesem Verfahren die Augen fast aus dem Kopf herauszuquellen schienen.

Um vier Uhr verließen wir den Hafen von Valle Gran Rey und hatten dann eine wunderschöne ruhige Fahrt längs der



Südküste Gomeras bei Santiago

felsigen Südküste Gomeras. Das Meer war spiegelglatt, und die prachtvolle Abendbeleuchtung verscheuchte etwas die trüben Gedanken, die mich beim ersten Anblick der Insel befallen hatten. Ich war in der heitersten Stimmung, die allerdings in das Gegenteil umschlagen sollte, als um sechs Uhr abends die Landung in dem kleinen Hafen von San Sebastian, dem Ziel meiner Reise, erfolgte.

Das Schiff ging in einiger Entfernung von der Küste vor Anker, und ich wurde mit den übrigen Passagieren in einem Boot bis zu dem Brandungsgürtel gefahren, der den Sandstrand umspült. Dort kletterte ich einem Mann, der bis zu den Knieen im Wasser stand, auf die Schultern und wurde von ihm in stockfinsterer Nacht auf dem Sand abgesetzt. Der Billeteur des Dampfers, der glücklicherweise etwas Englisch sprach, führte mich sodann über einen steglosen Bach und einen großen Platz nach der einzigen Fonda, die Gomeras Metropole aufzuweisen hat. Ich hatte viel von den wenig anmutigen Verhältnissen der spanischen Gasthäuser gehört, und besonders von der Fonda San Sebastians hatte mir ein spanischer Kaufmann auf Teneriffa gesagt, es sei kein Aufenthalt für Europäer. Aber meine schlimmsten Be-

fürchtungen wurden durch den Anblick der Wirklichkeit übertroffen. Meine Feder ist viel zu schwach, um das fürchterliche Tohuwabohu zu schildern, das am Abend meiner Ankunft in der Fonda San Sebastians herrschte. Es war ein Gorkisches Nachtasyl, das sich mir da auftat, und es hätte nicht viel gefehlt, so wäre ich auf demselben Schiff in derselben Nacht wieder nach Teneriffa zurückgefahren, denn ich verzweifelte an der Möglichkeit, hier wissenschaftlich arbeiten zu können.

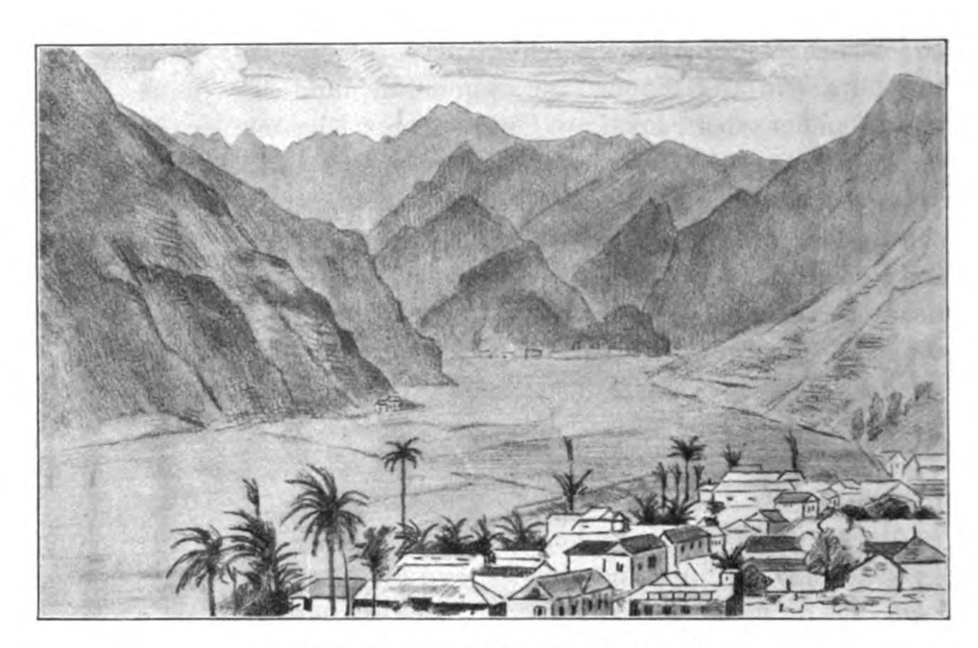
Ich betrat einen stockfinstern Gang und erkletterte eine Treppe, die nur durch die Talglichter etwas erhellt wurde, mit denen Kinder, Soldaten, Gäste und Packträger umherstürmten. Ein scheußlicher Fischgeruch erfüllte das ganze Haus. Der sehr gefällige Schiffsbilleteur stellte mich der dicken, schmutzigen häßlichen Wirtin, der Señora Donna Tomasa Darias vor, an die ich einen Empfehlungsbrief von einem Kaufmann auf Teneriffa bei mir trug, der mir aber zunächst nicht viel nützte, denn es stellte sich heraus, daß die Dame nicht lesen konnte. Sie wies mir mein Zimmer an, ein elendes, fensterloses Gemach mit nackten Kalkwänden und einem großen Loch im Fußboden, durch das man auf die Maiskolben hinabsah, die im Hofe aufgehängt waren. Ein schmutziger Wandschrank, ein kleines, wackliges Tischchen, ein elender Waschtisch, ein wackliger Stuhl und drei große Bettgestelle, auf denen zerrissene und wellig gebogene Strohsäcke das Schlimmste für die Nachtruhe befürchten ließen, bildeten das Mobiliar dieses Zimmers, in dem ich arbeiten und besonders mikroskopieren wollte.

Nachdem die Wirtin mich in dieses Verließ geführt hatte, wandte sie sich den anderen Ankömmlingen zu und überließ mich ohne Licht meinem Schicksal, das um so weniger beneidenswert war, als ich mich infolge meiner Unkenntnis der spanischen Sprache nicht verständigen konnte. Glücklicher- und ganz außergewöhnlicher Weise war an demselben Abend ein deutscher Kaufmann, der mit Stereoskopen handelte und seit acht Jahren auf den kanarischen Inseln lebte, nach Gomera gekommen. Er nahm sich meiner in der liebenswürdigsten und uneigennützigsten Weise an und hat mir in den ersten Tagen meines Aufenthalts auf dieser Insel infolge seiner Beherrschung des Spanischen die allergrößten Dienste geleistet. Er machte mich jetzt darauf aufmerksam, daß wir uns um unser Gepäck bekümmern müßten. Ich hatte

nicht weniger als neun Kisten und Koffer an Bord des Dampfers, die in der Nacht noch ausgeladen werden mußten. Wir gingen mit der Laterne in der Hand auf halsbrecherischen Pfaden an den Strand zurück, hörten aber dort von den zahlreich versammelten Männern und Jungen, daß das Gepäck an einer ganz anderen Stelle des Hafens ausgeladen werden sollte. Nun ging es in Begleitung mehrerer Gomeros auf steinigen Wegen bergauf und bergab, bis wir an eine kleine Mole kamen, die für den Fall gebaut ist, daß die Landung bei schlechtem Wetter erfolgt. In der Ferne sahen wir das Boot mit dem Gepäck auf den Wellen tanzen, es kam auch bis an die Mole heran, dann aber wurden wir verständigt, daß das Ausladen doch nicht an der Mole, sondern an dem Sandstrand, den wir soeben verlassen hatten, erfolgen solle. Wir eilten nun wieder den holperigen Weg zurück und kamen glücklich wieder an den Strand, nachdem der Wind unsere Laterne mehrmals ausgelöscht hatte. Es war stockfinster, man hörte nur das Toben der Brandung, und ganz in der Ferne leuchtete das Licht am Mast des Schiffes, das uns der Zivilisation entführt hatte. »Hier würde Sie kein Geheimpolizist finden«, sagte mir lächelnd mein Landsmann. Da flog plötzlich, wie vom Himmel herabgesandt, eine Kiste auf den Sand, eine meiner größten und schwersten, die zum Teil mit Glassachen angefüllt war. Beim Laternenschein wurde das Zeichen festgestellt, und dann schwang sie einer der umherstehenden Männer, ein Riese an Körperkraft, auf die Schulter und trug sie in die Fonda. Nachdem noch mehrere Kisten und andere Gepäckstücke gefolgt waren, fuhr das Boot wieder nach dem Dampfer zurück, um neue Ladung einzunehmen.

Der deutsche Kaufmann und ich gingen inzwischen in die Fonda, um zu essen. Wir betraten das rauch- und dunstgeschwängerte Speisezimmer, wo eine qualmende Petroleumlampe über dem mit allen möglichen Speiseresten bedeckten Tische hing und mehrere Offiziere in Zivil, die hier stationiert waren, sich von einem kleinen schwarzen Mädchen, der Enkelin der Wirtin, bedienen ließen. Was ich an diesem Abend in mich hineingewürgt habe, weiß ich nicht mehr, wahrscheinlich trockenen Fisch, ein paar Spiegeleier, etwas lederhartes Fleisch und einige Bananen. Nach dem Essen gingen wir wieder an den Strand und dann in das kleine, aber mit Marmortischchen möblierte

»Café« des Don Pablo, wo ich mich an einer Tasse Schokolade erquickte. In die Fonda zurückgekehrt, fand ich meine neun Kisten neben dem noch umfangreicheren Gepäck eines gleichzeitig angekommenen spanischen Kaufmanns glücklich im Hofe aufgespeichert und auch mein Zimmer in einen etwas menschenwürdigeren Zustand versetzt. Ich fiel nur so auf meinen Strohsack und schlief in der elenden, zerbrochenen und verbogenen eisernen Bettstelle so gut, daß ich am nächsten Morgen mit neuen Hoffnungen erwachte.



San Sebastian und Barranco de la Villa

Zweites Kapitel

San Sebastian

Die Fonda in San Sebastian sieht bei Tage mit ihrer gelben Tünche, den grünen Läden und den fünf Fenstern gar nicht so übel aus. Im Erdgeschoß befindet sich zur Linken eine jämmerliche Wirtsstube, zur Rechten ein kleiner Laden. Im ersten Stock liegt nach vorn der dreifensterige Speisesaal, neben ihm an jeder Seite ein einfensteriges Zimmer. An den weiß getünchten Wänden des Saales hängen fünf Heiligen- und Christusbilder und zwei jammervolle Spiegel. Die Decke ist von braun gebeiztem Holz, und die braun, blau und grün angemalten Türen haben bunte Glasfenster. Ein langer Eßtisch, zwei polierte Ecktische mit zerbrochenen Flaschen, bunten Glassachen, Dosen, einigen Naturalien und einem aus Ton modellierten Hund sowie mehrere Rohr- und Schaukelstühle bilden das Mobiliar. Auf dem Gang vor dem Speisesaal stehen Sophas mit schmutzigen Kissen, und darüber hängen an den Wänden Familienphotographien, Liebesszenen und Landschaften. Der Gang ist gegen den Hof durch Glasfenster abgeschlossen und führt an mehreren Zimmern

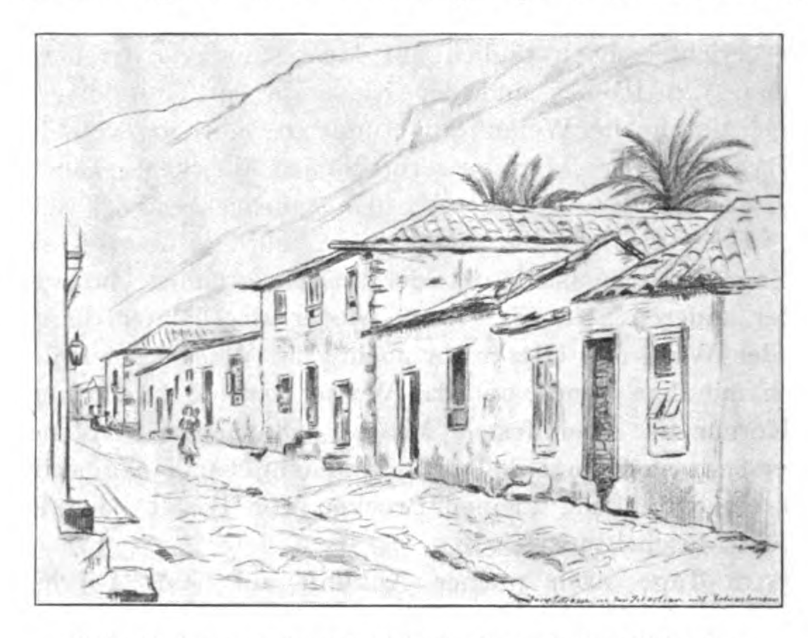
entlang, die, wie das von mir bewohnte, keine Fenster nach außen haben. Im Hof, wo sich die Eingänge zur Küche, dem kleinen Speisezimmer der Wirtsleute und dem Ziegenstall befinden, steht der eigenartige Brunnen der Kanarier, ein gitterförmig durchbrochener Holzschrein, der die »Pila« enthält, ein aus porösem Stein geformtes Becken, das täglich mit Wasser gefüllt wird, damit dieses in einen darunter stehenden Krug sickert, aus dem es mit einem Glase geschöpft wird.

Die Pila oder der Filtrierstein entsteht, wie Leopold von Buch berichtet, noch täglich am Meeresufer von Gran Canaria zwischen Las Palmas und der Isleta als ein Konglomerat aus kleinen, durch die Wellen abgerundeten Körnern von Trachyt und Basalt und Brocken von zerbrochenen Muscheln. Der heftige Nordostpassat, der unausgesetzt den ganzen Sommer hindurch weht, erhebt die Brocken und Körner, führt sie über die schmale Landenge, die die Isleta mit der Insel verbindet und setzt sie auf der anderen Seite als Dünen wieder ab. Hinter den Dünen trifft der Wind das Ufer nicht mehr, die Wellen spielen unaufhörlich mit dem Sande, und das Wasser verbindet nach und nach die Körner zu einer festen Masse. Die meisten Körner des Filtriersteins sind rund, kalkartig und umgeben einen sichtbaren Kern, einen dunkeln, kleinen Brocken von Basalt oder Trachyt oder ein Muschelstück.

Am Tage nach meiner Ankunft auf Gomera erhob ich mich in der Frühe des Morgens von meinem Lager und schaute vergebens nach Waschkanne, Wasserflasche und Trinkglas aus. Ein Tropfen Wasser in einem winzigen Waschnapf mußte genügen, den Schmutz des vorherigen Tages von meinem Körper abzuspülen. Ungeziefer bemerkte ich glücklicherweise nicht. Mein Frühstück nahm ich in der benachbarten Kneipe des Don Pablo ein, denn die Fondawirtin spendete nur ein elendes Täßchen schwarzen Kaffees ohne Milch und Gebäck. Dann unternahm ich in Begleitung des deutschen Kaufmanns einen kleinen Spaziergang zur Besichtigung der Stadt.

Wir betraten die Plaza de la Constitucion, an der die Fonda, die Tienda des Don Pablo und das blau getünchte Haus des Arztes Massias liegen. Von dieser Plaza gehen drei Straßen aus, die in der Längsrichtung des Barranco de la Villa verlaufen: die Calle Alphonso treize, die Calle Romanones und die Calle de Ruiz Padron.

Die Calle Alphonso treize ist die Hauptstraße und zeichnet sich durch ein unbeschreiblich holperiges Pflaster aus, über das man hintorkelt wie ein Betrunkener, in beständiger Angst, den Fuß zu vertreten. Sie führt über den kleinen Kirchplatz, der mit einem schönen Lorbeerbaum geschmückt ist. Die Kirche hat drei Türen und im oberen Teil der Front ein großes rundes Fenster, über dem zwei Glocken frei aufgehängt sind. Neben der Kirche liegt in einer kleinen Quergasse das Pfarrhaus, an



Calle Alphonso treize mit Columbushaus in San Sebastian

dessen Fenster gar häufig der große und wohlbeleibte Geistliche die Vorübergehenden musterte und sehnsüchtig nach dem benachbarten Kasino ausschaute, wo Bälle und andere Lustbarkeiten abgehalten werden. Oberhalb des Kirchplatzes befindet sich in der Hauptstraße die Post, ein kleines gelbes Häuschen mit gelber Tür und grünem Fensterladen, in dem ein kleiner Spalt zum Einwerfen der Briefe angebracht ist. Weiterhin gelangt man zur Casa Cuartel de la Guia Civil, einem großen rötlichen Gebäude mit einer Fahnenstange, und auf der anderen Seite der Straße zu dem Haus, in welchem Columbus wohnte, als er auf seiner ersten Indienfahrt auf Gomera rastete.

Die Calle Romanones ist eine enge Straße mit ärmlichen Häusern, von denen sich nur eins durch eine hübsche Holzveranda auszeichnet.

Die schönste Straße in San Sebastian ist die Calle de Ruiz Padron, auch Calle nueva genannt. Sie zieht sich am südlichen Ende der Stadt entlang und wird auf der einen Seite durch ein Tamariskenwäldchen, Tomatenfelder, eine Reihe von Pfefferbäumen und die Ruine eines Franziskanerklosters aus dem 16. Jahrhundert, auf der anderen Seite durch eine Häuserreihe begrenzt, in der das große Gehöft des Bürgermeisters und die kleine blau getünchte Barberia zu erwähnen sind. Da wo die Straße in die Plaza mündet liegt eine Gruppe alter Häuser malerisch in einem Wäldchen hoher Palmen, unter denen sich schwarze Schweine und Ferkel tummelten. Auf dem großen Hof vor diesen Häusern wurden Boote gezimmert. Seitlich von der Calle nueva erhebt sich in der Nähe des Strandes der alte Grafenturm, der in der Geschichte Gomeras eine große Rolle gespielt hat, worüber man bei Bolle näheres nachlesen kann, und etwas weiter talaufwärts erblickt man die weißen, von Cypressen überragten Mauern des Friedhofs.

Wir setzten unseren Morgenspaziergang über die Grenzen der Stadt hinaus fort und wanderten den Barranco de la Villa eine Strecke weit aufwärts. Alles war anders als ich es erwartet hatte. Nur nackte, steinige Berghänge starrten uns entgegen. Wir trafen mit einem Hirten zusammen, der uns Ziegenmilch anbot, und ich trank zwei Gläser, die mir ausgezeichnet mundeten, leider aber die ersten und letzten waren, die ich in San Sebastian erhalten konnte, denn die Ziegen gaben seitdem keine Milch mehr. Kühe gab es in der Hauptstadt Gomeras überhaupt nicht.

Als wir von unserem Spaziergang zurückkehrten, erwartete mich in der Fonda ein Abgeordneter der Obrigkeit der Stadt, der Administrador subalterno, der mir mit Rücksicht auf das Sendschreiben der kanarischen Regierung seine Dienste anbot. Der deutsche Kaufmann machte den Dollmetscher, und wir fragten vor allem, ob ich in San Sebastian ein geeignetes Arbeitszimmer finden könne, denn an Arbeiten in der Fonda war nicht zu denken. Der Mann bejahte diese Frage und versprach, mir das Zimmer am nächsten Tage zu zeigen.

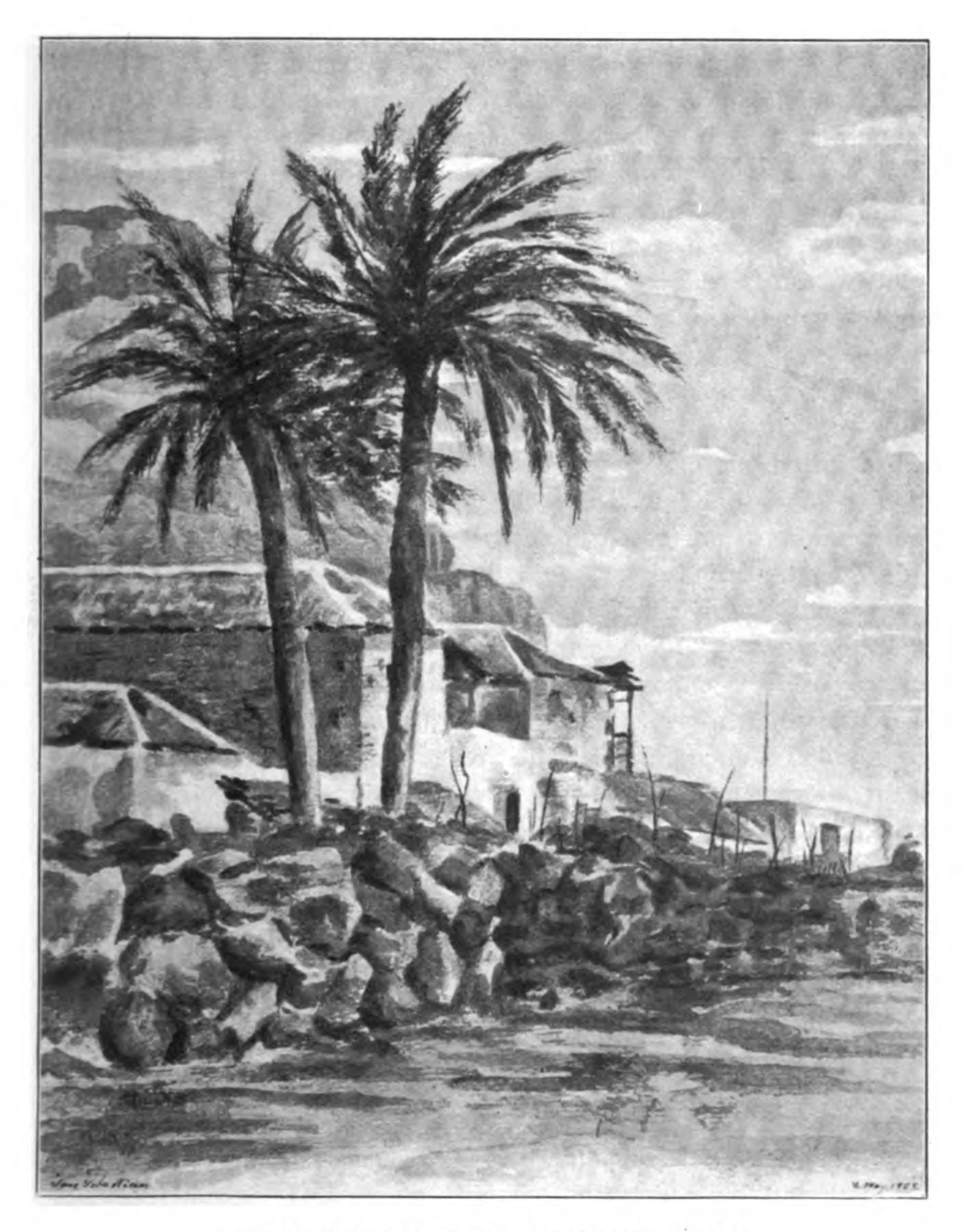
Nachmittags machte ich einen Spaziergang über die Berge nach dem etwa eine halbe Stunde von San Sebastian gelegenen Leuchtturm. Von hier aus sah ich zum erstenmal den berühmten Pik von Teneriffa, dessen schneebedeckte Spitze wie eine Insel

aus einer Wolkenschicht emporragte. Mit einer kleinen Wanderung am Sandstrande schloß dieser erste Tag auf Gomera.

Am nächsten Morgen früh 8 Uhr war der Administrador subalterno wieder zur Stelle, um mich nach dem versprochenen Zimmer zu führen. Dieses erwies sich als ein ganzes kleines, vollständig neu erbautes Haus mit einem großen und zwei kleinen Zimmern und einem hübschen Hof, über dessen Mauern die Palmen emporragten. Es lag abseits in einer kleinen Sackgasse der Calle de Ruiz Padron. Ich mietete es für 25 Peseten (= 20 Mark) monatlich. Einziehen konnte ich noch nicht sofort, da erst noch verschiedene Reparaturen gemacht werden mußten, die aber noch an demselben Tage erledigt wurden.

Ich machte wieder einen Spaziergang nach dem Leuchtturm, mit dem Kaufmann zusammen. Der Wächter erklärte uns die Einrichtung. Am Nachmittag besuchten wir den Arzt Massias, an den ich eine Empfehlung bei mir hatte. Er schien ein ganz gebildeter Mann zu sein und sprach unter anderem von Haeckels »Natürlicher Schöpfungsgeschichte«, deren spanische Übersetzung er besaß. Bolle erzählt, das einzige lesbare Buch, das er in San Sebastian habe auftreiben können, sei die Araucana von Ercilla gewesen, ein Epos, das Voltaire wohl weniger gelobt haben würde, wäre er einmal drei Wochen lang darauf als einzige Lektüre angewiesen gewesen. Nun war also noch Haeckels Schöpfungsgeschichte in diese Einöden gedrungen. Bei dem Arzt trafen wir auch den Schullehrer des Ortes, der ziemlich verwahrlost aussah, aber sehr gefällig war und mir gute Ratschläge erteilte.

Am Dienstag, den 26. November, ergriff ich von meiner neuen Wohnung Besitz. Fast der ganze Tag ging damit hin, meine Kisten von der Fonda nach meinem Haus zu schaffen. Ein Mann trug jede Kiste einzeln hinüber, da ein Wagen oder Karren nicht aufzutreiben war. Außer den Kisten wurden ein Bett, zwei Tische, ein Waschgestell und zwei Stühle aus der Fonda nach meinem Haus transportiert. Ich fing dann sogleich an auszupacken und öffnete zuerst die Kisten mit den Glassachen, um deren Zustand zu untersuchen. Von fünf großen, dünnwandigen Bechergläsern waren vier in Scherben gegangen und außerdem noch einige Glastuben zerbrochen, das übrige aber wohl erhalten. Das Chloroform, das ich in eine der Flaschen gegossen hatte, ohne den Glasstöpsel mit einer Schutzhülle zu versehen, war bis



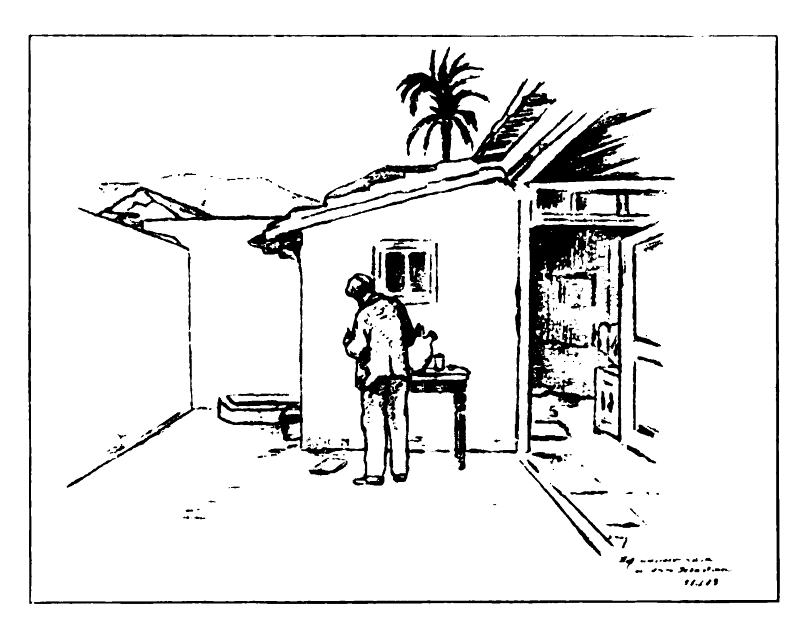
Calle de Ruiz Padron in San Sebastian, Gomera

auf den letzten Tropfen verschwunden, entweder ausgelaufen oder verdunstet. Als ich dann eine zweite Kiste öffnete, fand ich die Kleider, die oben auflagen, ganz von einer Schicht weißen Pulvers bedeckt. Ich glaubte zuerst, das Seewasser sei beim Tragen durch die Brandung eingedrungen und das Salz zurückgeblieben, fand aber dann, daß eine Düte mit Magnesiumsulfat, die ich unklugerweise ohne Weiteres in die Kiste gelegt hatte, geplatzt war und ihr Inhalt sich verstreut hatte. Als ich darauf die dritte Kiste öffnete, war wieder alles mit weißem Pulver bedeckt. Diesmal war es eine Düte mit Zucker, die geplatzt war; drei Pfund Grießzucker waren in alle Sachen, selbst in die eingewickelten Bücher eingedrungen. Nun verbreitete sich beim Auspacken der Zucker im ganzen Zimmer und Hof und lockte hunderte von Fliegen an. Auf den verzuckerten Kleidern saßen sie wie hingesät. In derselben Kiste war das Lederfett, wahrscheinlich durch die Nähe der Maschine im Schiff flüssig geworden und ausgelaufen und hatte über die Hälfte meines Schreibpapieres ganz unbrauchbar gemacht. Der Abend schloß mit einer furchtbaren Arbeit beim Öffnen der Kiste mit Formol, die wie für die Ewigkeit mit Eisenband und Nägeln zugemacht war. Auch der folgende Tag ging noch ganz mit Auspacken hin. In unangenehmer Weise wurde ich dabei durch den Besuch eines Barbiers gestört, der sich mir als Nachbar vorstellte und sich als Assistenten und Lehrer der spanischen Sprache anbot. Der Mann roch nicht gerade nach Parfüm und war so zudringlich, daß ich schließlich die Hilfe des deutschen Kaufmanns, der ihm auf gut Spanisch die Meinung sagte, in Anspruch nehmen mußte, um ihn los zu werden.

Am nächsten Tage trat ich in Begleitung meines Landsmannes und eines spanischen Händlers eine kleine Reise nach Hermigua an, die mich sieben Tage von San Sebastian fernhielt, über die ich aber in einem späteren Kapitel berichten will, um die Schilderung meiner Erlebnisse in San Sebastian nicht zu unterbrechen.

Von Hermigua zurückgekehrt, vollendete ich die Einrichtung meines Hauses. Das größte Zimmer bestimmte ich zum Laboratorium. In der Mitte stand ein zwei Meter langer Tisch, auf dem das Mikroskop, die Lupen, Bestecke, Glasschalen, Reagenzgläschen, Wachsbecken, Schreibutensilien und andere Gegenstände, die ich beständig zur Hand haben mußte, Platz fanden. An der

einen Längswand des Zimmers stellte ich vier Kisten auf, die erste mit Schreibmaterialien, die zweite mit Blechdosen, die dritte mit Formolflaschen und Glastuben, die vierte mit Werkzeug bedeckt. An der anderen Längswand stand eine Kiste, auf die ich meine Bücher postierte, darunter Neumayers prächtiges Werk »Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen«, das mir ausgezeichnete Dienste leistete. An der weißen Kalkwand hingen die Sammeltaschen, der Rucksack, die Botanisierbüchse,



Hof meines Hauses in San Sebastian

die verschiedenen Netze, das Beil, die Scheren, Lineale und Notizblöcke. Den einzigen Bilderschmuck bildete eine kleine farbige Photographie des Woermanndampfers »Hans«, der mich nach Teneriffa gebracht hatte.

Aus dem Laboratorium gelangte man in einen kleineren Raum, den ich zum Schlafzimmer wählte. Da stand die alte, wacklige eiserne Bettstelle aus der Fonda, ein nicht minder wackliger Stuhl, ein kleines eisernes Waschgestell und eine mit einer weißen Serviette bedeckte Kiste, die den Toilettentisch vorstellte, auf dem verschiedene Bürsten, Franzbranntwein, Olivenöl, Hirschtalg, Lederfett, Salmiakgeist, Lanolin, Heftpflaster und ähnliche Dinge prangten. In der Fensternische fand mein Schiffskoffer

mit der Wäsche Unterkunft, und an den Wänden hingen auf schwarzdrapiertem Hintergrund, um sie vor der Berührung mit der Kalkwand zu schützen, meine Kleider.

Eine zweite Tür des Laboratoriums führte in den von einer kleinen Veranda umgebenen Hof. Hier befand sich eine Zisterne, aus der man das Wasser mit einem Eimer heraufzog. An der einen Seite des Hofes lag ein kleines Zimmer, das ich vorläufig noch leer ließ und das später meine Schwester bewohnte. Gegenüber befand sich die sehr große Küche mit einem langen steinernen Tisch an ihrer hinteren Längswand, unter dessen Wölbungen ich meine großen Massen von Holzwolle aufspeicherte. In der Mitte des Tisches war etwas erhöht die Feuerstelle mit zwei Rosten; dort standen mein Reisekocher und meine Vorräte an Kakao, Zucker, Tee, Käse, Brot, Suppentafeln usw. Auf den seitlichen Teilen des Tisches waren die Flaschen mit Alkohol, Formol, Schwefelsäure, Salpetersäure, Jod, Zinksulfat, Kupfersulfat und anderen Giften, die Schüsseln und Meßzylinder aufgestellt. An der Wand hingen in Reih und Glied die Putz- und Scheuertücher. Das letzte neben der Küche befindliche Gemach brauche ich wohl nicht besonders zu beschreiben, es sah ungefähr so aus wie anderwärts auch, entbehrte aber selbstverständlich der Wasserspülung.

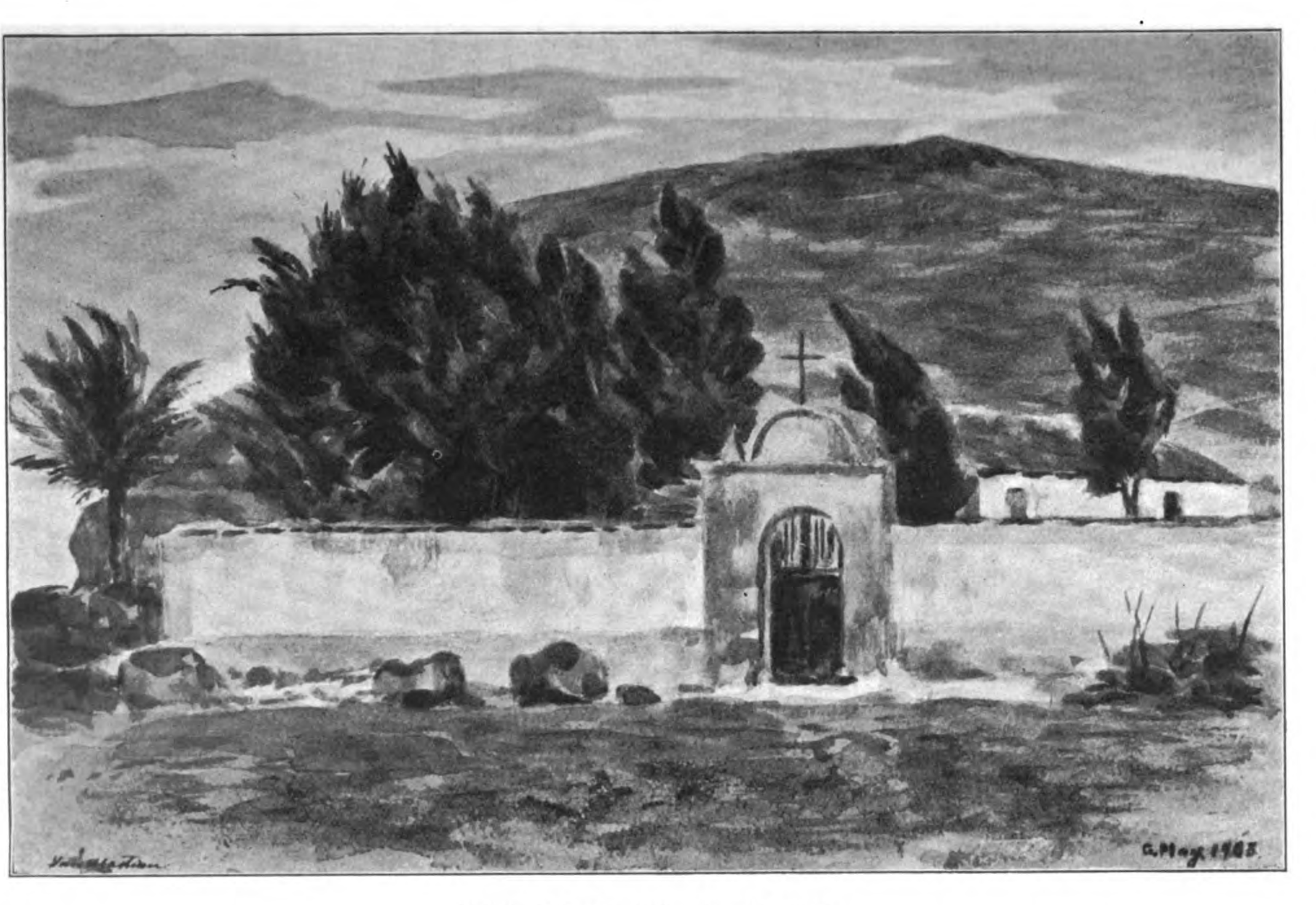
In diesem Häuschen führte ich nun zwei Monate lang das Leben eines vollkommenen Einsiedlers bis meine Schwester kam, um mir Gesellschaft zu leisten. Die klösterliche Stille, die ich erhofft hatte, fand ich freilich hier nicht. In Berlin habe ich ruhiger gelebt, als auf diesem weltentlegenen Eiland. Eine ganze Skala der Geräusche ließ sich hier im Laufe eines Tages verfolgen. Früh morgens um fünf Uhr fing das Gebimmel auf der ganz nahe gelegenen Kirche an. Und was für ein Gebimmel! Beschreiben kann man diese Mißtöne überhaupt nicht, man muß sie hören! Es war mir dabei zumute wie einem Hund, wenn er Musik hört, ich mochte heulen vor Ohrenschmerzen. An Festtagen ertönten diese teuflischen Klänge alle paar Stunden. Zuerst ein paar Einzelschläge, jeder wie ein Stich in die Nerven, und dann ein Bimmeln, das mich bis ins innerste Mark durchwühlte. Dem ersten Morgengebimmel folgte unmittelbar das Krähen der Hähne. Man hat den Hahnenschrei oft poetisch verherrlicht, wenn aber ein ganzes Dutzend dieser Vögel ein

stundenlanges Konzert veranstaltet, dann hört die Poesie auf. Der Hahnenschrei hatte noch nicht aufgehört, da begann um halb sieben Uhr auf dem benachbarten Hof, wo ein neues Haus gebaut wurde, ein Hämmern und Sägen, das bis zum Abend andauerte und jede geistige Arbeit unmöglich machte. Gleichzeitig hörte man auf der anderen Seite hinter der Mauer meines Hofes ein Schrawweln von Weibern und Kindern, das an Mißklang mit dem Kirchengebimmel wetteiferte. Von Zeit zu Zeit wurde dieses Geschrawwel übertönt von dem Geheul eines kleinen Kindes oder dem markerschütternden Schrei eines Esels. Nachmittags wurde meistens in der meinem Hause ebenfalls benachbarten Schule von den Kindern gesungen: ein eintöniges, angreifendes Geplärr. Und wenn endlich der Abend sich niedersenkte, das Hämmern und Sägen aufgehört hatte, der Gesang verstummt war und Ruhe und Frieden einzuziehen schienen, dann begann erst der schrecklichste der Schrecken: das Gebell der Hunde. Am Tage waren diese Gesellen auf den Bergen und bewachten die Ziegenherden, abends und nachts aber hielten sie sich im Ort auf und veranstalteten ein Konzert, das jeder Beschreibung spottet. Einer begann, ein zweiter folgte, ein dritter, vierter, fünfter, bis endlich ein ganzer Chorus die Stille der Nacht entweihte.

Das war die Skala der Lärme auf dieser weltentlegenen Insel! Und Einsamkeit! In Berlin lebte ich einsamer als hier, wo jeder Mensch mich begaffte, wo ich keinen Schritt aus dem Hause tun konnte, ohne Spießruten laufen zu müssen. Mein Robinsontraum war gründlich zerstört.

Vier Tage nach meiner Rückkehr von Hermigua klopfte der deutsche Kaufmann an die Tür meines Hauses. Er hatte die Absicht gehabt, die ganze Insel zu umreisen, war aber nur bis Agulo gelangt und dann umgekehrt. »Ich habe genug von der Insel«, sagte er und reiste noch am selben Abend nach La Palma. Von dort schrieb er mir einige Wochen später: »Gruß aus dem Paradies nach Ihrer miserablen Dreiteufelsinsel mit ihrem noch viel miserableren Saupack von Bewohnern!«

Ja, die Bewohner! Es war ein ganz jämmerliches Gesindel, das sich auf den Straßen San Sebastians umhertrieb, und ich atmete immer auf, wenn ich aus dem Neste heraus war. Die Neugier der Leute kannte keine Grenzen, und wo ich mich



Friedhof in San Sebastian, Gomera

blicken ließ, wurde ich wie ein Wundertier angestaunt. Ihren Höhepunkt erreichten aber diese Belästigungen erst, als meine Schwester eintraf. Wenn ich in ihrer Begleitung über die Straße ging, war in der ersten Zeit ihres Aufenthalts jedes Fenster und jede Tür mit gaffenden Gomeros besetzt, was sich freilich daraus erklärt, daß seit Menschengedenken nur eine einzige deutsche Dame, ebenfalls eine Malerin, auf Gomera gewesen war, und von dieser hatten uns die Leute auf Teneriffa gesagt, sie sei nicht recht gescheit gewesen.

Die künstlerische Tätigkeit meiner Schwester in San Sebastian begann unter Schwierigkeiten, von denen wir uns doch keine Vorstellung gemacht hatten, trotz der schlimmsten Befürchtungen. Die schmutzigen, hustenden und spuckenden Kinder belästigten sie derart, daß sie schließlich gezwungen war, zum Bürgermeister zu gehen, um sich zu beschweren. Die Kinder drängten sich in dichten Scharen um sie herum, und als meine Schwester sie endlich mit dem Schirm auseinandertrieb, verhöhnten sie sie, stießen sich gegenseitig gegen ihren Feldstuhl und warfen Sand auf ihr Skizzenbuch. Nachdem sie sich beim Bürgermeister beschwert hatte, wurde es etwas besser, aber meine Schwester befürchtete stets, von den Kindern, die meistens grindige Gesichter hatten und alle erkältet waren, angesteckt zu werden oder alles mögliche Ungeziefer zu bekommen. Schon vorher, ehe sie noch angefangen hatte zu malen, hatte ein Junge die Steine im Bach, über die sie gegangen war, fortgenommen, so daß sie beim Rückweg den Bach mit bloßen Füßen durchwaten mußte. Nach meiner Wenigkeit hatten einmal auf Teneriffa zwei Jungen mit Steinen geworfen, als ich ihr Pennygeschrei nicht beachtete, und wenn ich in San Sebastian mit Lodenanzug, Gamaschen und Rucksack ausging, blieben die Leute mit offenen Mäulern und Nasen stehen und lachten.

Es gab aber auch einige gebildetere Menschen in Gomeras Hauptstadt, so zum Beispiel die Besitzer des Columbushauses, denen wir unsere Aufwartung machten und die uns das Innere ihres Besitztums in liebenswürdiger Weise zeigten. Im Erdgeschoß des Columbushauses befindet sich ein Laden, und im ersten Stock sahen wir zwei Rumpelkammern mit in Schweinsleder gebundenen theologischen und historischen Büchern, zwei zerfetzten alten Heiligenbildern und einem alten vergoldeten

Kruzifix in einem verzierten Rahmen. Die Leute führten uns sodann durch den mit Orangen- und Stechapfelbäumen geschmückten Garten in ihr benachbartes Wohnhaus, wo wir alte kunstgewerbliche Gegenstände, wie Lampen, Vasen, Krüge und Platten, sowie ein großes, über den Betten hängendes Heiligenbild bewundern mußten. Die Familie erwiderte unseren Besuch noch an demselben Tag, um unser Haus zu sehen. Die Mutter, eine dicke Frau, halbtaub und halbblind, aber furchtbar lebhaft und laut, drei Mädchen und zwei Knaben blieben über eine Stunde da und ergötzten sich an den in Spiritus aufbewahrten Tieren und den Skizzen meiner Schwester. Einmal sahen wir auch den Bürgermeister bei uns, einen sehr netten und zuvorkommenden jungen Mann, der alles tat, was in seinen allerdings schwachen Kräften stand, um uns den Aufenthalt zu erleichtern. Noch häufiger verkehrten wir mit den spanischen Offizieren, die auf Gomera, wo eine kleine Kaserne dicht am Hafen liegt, stationiert waren. Wie alle echten Spanier waren sie höflich und gefällig und boten uns bei Tisch alle möglichen Leckerbissen aus ihrem Privatproviant an, um uns das Essen in der Fonda erträglicher zu gestalten.

Wir speisten täglich zweimal in der Fonda, um 12 Uhr mittags und um 7 Uhr abends. Die Schilderungen, die ich vorher von der dort gebotenen Kost vernahm, ließen ja nicht viel erwarten, und ich hatte mich mit dem Gedanken vertraut gemacht, während meines Aufenthalts auf Gomera kulinarische Genüsse entbehren zu müssen. Aber die Wirklichkeit übertraf doch alles, was ich befürchtet hatte. Mit Zittern und Zagen ging ich jedesmal in die Fonda, und wie von einer schweren Last befreit, verließ ich sie wieder. Ja, das Essen war hier eine Last, eine Pein, eine heroische Überwindung. Man kann ohne Übertreibung sagen: es gab fast jeden Tag das gleiche. Nudelsuppe, Spiegeleier, trockener Fisch, Beafsteak, Kartoffeln, Eierkuchen, Bananen und Orangen, das war so ziemlich alles, was während der drei Monate, die ich dort zubrachte, auf den Tisch kam. Vielleicht klingen die Namen dieser aufgeführten Speisen gar nicht so übel, und ich würde auch gern mit ihnen vorlieb genommen haben, wären sie wie bei uns zubereitet gewesen. Aber die Zubereitung war himmelschreiend. Die Spiegeleier konnte ich nach kurzer Zeit nicht mehr essen; das Fleisch

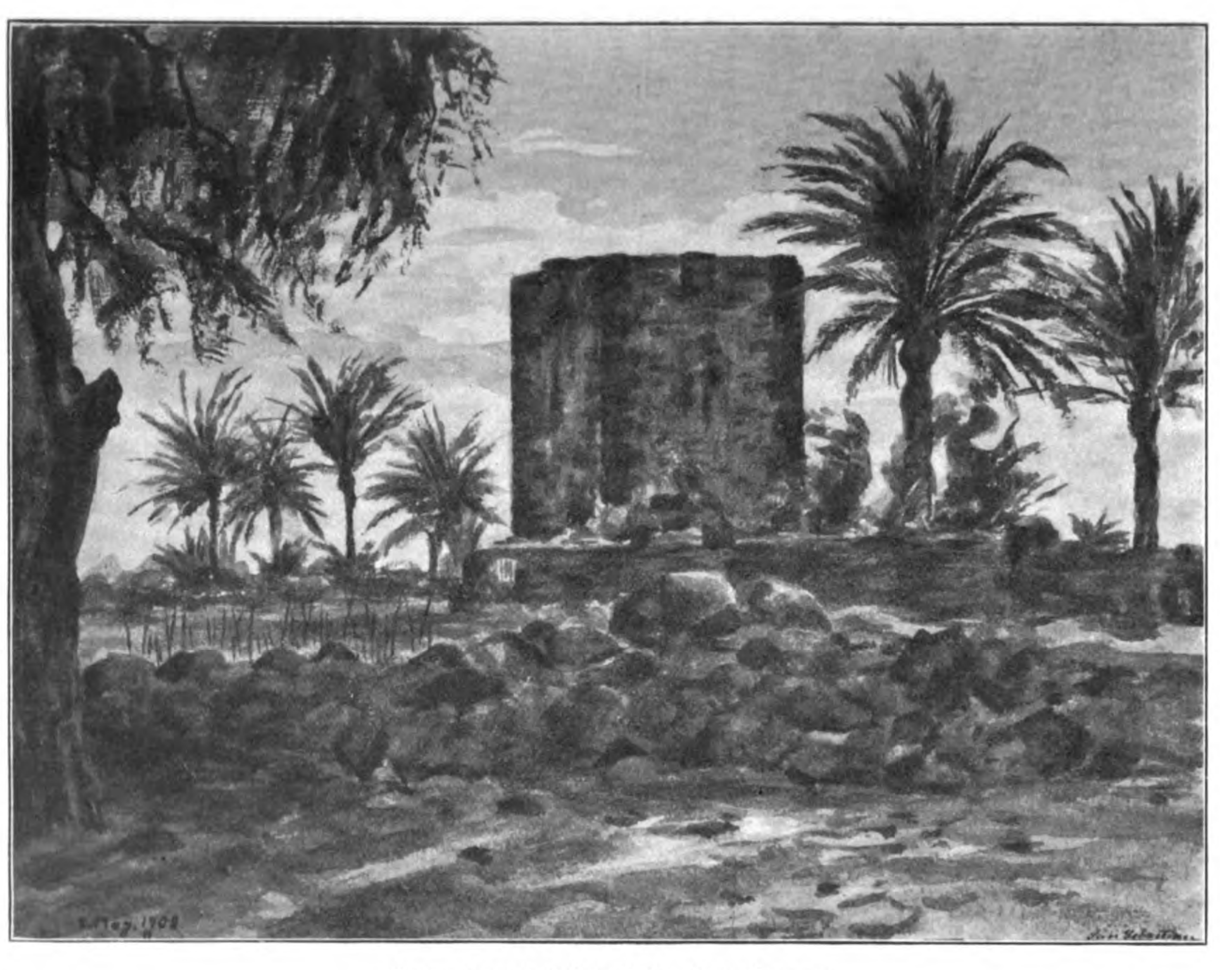
war überhaupt ungenießbar, lederhart oder breiig weich. Der Eierkuchen bildete noch die beste Speise, er erschien aber nur selten auf dem Tisch. Ich war immer glücklich, wenn ich ein paar Kartoffeln und etwas Fisch, der immer ganz gleich zubereitet war, hinunterwürgen konnte. Die Bananen aß ich mir bald zu leid, sie waren mir zu weichlich. Von den Orangen verzehrte ich so viel ich nur konnte, sie waren saftig, aber meist sehr sauer. Sogar die Spanier, die in der Fonda aßen und die doch an die Art der Zubereitung gewöhnt waren, sagten, das Essen sei kaum zu genießen. Und dann hätte man die Gestalten sehen sollen, die bei Tisch bedienten: zwei Offiziersburschen, aber nicht in Uniform, sondern in zerlumpten, schmutzigen Kleidern, an denen sie die von Fett glänzenden Teller abwischten; der eine mit einem wachsgelben Gesicht und stieren, viehischen Augen; ja, da mußte ich die Augen zudrücken und durfte nicht rechts und nicht links sehen, um überhaupt fähig zu sein, von dem öligen Fisch, den fettigen Kartoffeln und den sauren Orangen etwas hinunterzuwürgen.

Einen Tag vor der Ankunft meiner Schwester wurde die spanische Wirtschaft in der Fonda noch schlimmer als sie bereits war. Der Lokaldampfer brachte ein spanisches Frauenzimmer mit, das mit Schmucksachen handelte und von einem etwa dreijährigen Kinde begleitet war. Beide nahmen in der Fonda Wohnung und speisten auch mit an der Tafel. Das Kind hatte ein krankes Auge, hustete beständig, tollte halb nackt im Zimmer umher, schrie in tierischer Weise, schlug die Türen mit Gewalt zu, ohne daß jemand ihm im geringsten wehrte, und beschmutzte das Zimmer mit seinen Exkrementen, die dann von der Mutter mit einem Tuche aufgewischt wurden, worauf sie sich wieder zu Tisch setzte. Es waren Szenen, die ein Zola gesehen haben müßte, um sie der Wirklichkeit entsprechend beschreiben zu können. Glücklicherweise nahm sich einer der Offiziere des Frauenzimmers an und bezog mit ihr ein Haus für sich, leider allerdings gerade neben unserer Wohnung, so daß wir von dem Geplärr dieser Donna arg belästigt wurden und die Nachbarschaft des Kindes sich durch alle möglichen in unsere Zisterne geworfenen Dinge bemerkbar machte.

Am 14. und 15. Januar wurden wir durch furchtbare wolkenbruchartige Regengüsse heimgesucht. Das Wasser stand

im Hof fast drei Centimeter hoch und lief schließlich über die Schwelle in das Zimmer meiner Schwester, so daß sie nachher eine Stunde brauchte, um es einigermaßen mit dem Besen wieder hinauszuschaffen. Am zweiten Tag verbarrikadierten wir das Zimmer mit alten Tüchern, aber nun ergoß sich der Strom in mein Laboratorium und Schlafzimmer sowie in die Küche, so daß wir keinen Fleck trockenen Bodens mehr unter den Füßen hatten. Es dauerte mehrere Tage bis alles wieder trocken war, und später waren viele Sachen mit Schimmel bedeckt. Es hielt überhaupt schwer, auf Gomera etwas zu trocknen und dauerte immer sehr lange bis meine Pflanzen einigermaßen trocken waren.

Am 21. Januar besuchten wir in Begleitung eines Leutnants den Grafenturm, der jetzt als Lazarett eingerichtet ist. Der viereckige, aus rotem Stein errichtete Quaderbau hat ein Erdgeschoß und zwei Stockwerke. Das Erdgeschoß ist ohne Eingang, dieser befindet sich in der Höhe des ersten Stockes und wird durch eine außerhalb des Turmes angebrachte Holztreppe erreicht. Der Turm wurde durch Fernan Peraza, den ersten Bezwinger Gomeras, in der Mitte des 15. Jahrhunderts erbaut und im Jahre 1578 auf Befehl Philipps des Zweiten ausgebessert und mit schwerem Geschütz versehen. Er diente zur vorübergehenden Aufnahme der aus Amerika von den Spaniern heimgebrachten Gold- und Silberbarren, wenn die spanische Silberflotte durch feindliche Geschwader gezwungen wurde, im Hafen von San Sebastian auf Verstärkung durch Kriegsschiffe zu warten. Wir betraten zuerst einen hübschen umgitterten Vorplatz, der mit hohen Bäumen und einigen Bänken geschmückt war. Im Erdgeschoß des Turmes stand ein alter Glasschrank mit Arzeneien und allerlei Gerümpel. Im ersten Stock befand sich das Lazarett mit fünf eisernen Bettstellen, über denen je ein schwarz gerahmtes Täfelchen für den Namen des Kranken an der Wand angebracht war. Bei unserem Besuch waren alle Betten leer. Das Lazarett dient nur zum vorübergehenden Aufenthalt der Kranken, die nach Santa Cruz de Tenerife in das Hospital gebracht werden sollen. Im zweiten Stock des Turmes sahen wir ein Regal mit ausgedienten Patronentaschen und eine Reihe Gewehre. Von der Höhe des Turmes genießt man eine prachtvolle Aussicht auf das Meer, die Stadt, den Barranco de la Villa und die Berge.



Grafenturm bei San Sebastian, Gomera

An demselben Tage besichtigten wir das Innere der alten Kirche, das dreischiffig und prunkvoller eingerichtet ist, als man erwartet. An der Wand des einen Seitenschiffes befindet sich ein altes, stark verwittertes Gemälde, das den Angriff der holländischen Flotte auf San Sebastian im Jahre 1599 darstellt.

Doch es wird Zeit, von meinen zoologischen Studien in San Sebastian zu berichten. Von Anfang an schenkte ich der Fauna meines Hauses Aufmerksamkeit und sammelte alles, was mir von lebenden Wesen dort begegnete. Es waren nicht eben viele Tiere, die mit uns die Wohnung teilten. Die Stubenfliegen ließen sich in größerer Zahl nur nach dem Auspacken meiner Kisten blicken, als ich den Grießzucker im Hofe verstreut hatte. Von Flöhen bemerkte ich während der ersten zwei Monate meines Aufenthalts überhaupt nichts; erst meine Schwester brachte von dem kleinen Fruchtdampfer, mit dem sie gereist war, eine Anzahl sehr großer und fetter Exemplare dieser Plagegeister mit. Mäuse fehlten so gut wie ganz, ich sah nur ein einziges Individuum, das ich eines Morgens in meinem Waschbecken ertrunken vorfand. Die unangenehmsten Gäste waren wohl die riesenhaften, bis 50 mm langen Schaben der Spezies Rhyparobia maderae, von denen ich 5 Männchen und 6 Weibchen sammelte, leicht aber noch mehr hätte erbeuten können. Die unheimlichen Tiere, die außer auf den Kanaren in Nordafrika, auf Madeira, in Ostindien, Brasilien und den Vereinigten Staaten vorkommen, huschten nachts und zuweilen auch am Tage mit großer Schnelligkeit über unseren Hof und die Fußböden unserer Zimmer. Von der kleineren amerikanischen Schabe (Periplaneta americana), die ursprünglich nur im wärmeren Amerika vorkam, jetzt aber durch den Handel überall zwischen den Tropen und auch in Seestädten Europas verbreitet ist, erhielt ich nur ein einziges Männchen. Eine dritte Art, die der Gattung Leucophaea oder Nauphoeta angehört, ist durch eine kleine Larve von der Mauer meines Hofes in meiner Sammlung vertreten.

Neben den genannten Schaben tummelten sich nächtlicherweile die Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis auf unserem Hof herum und versammelten sich besonders unter dem kleinen Holzstück, das den Wasserausguß bedeckte. Ihnen leistete der Schwarzkäfer Hegeter tristis Gesellschaft. An der weißen Kalkwand des Aborts saßen nachts die abenteuerlichen

Gestalten der Spinnenassel (Scutigera coleoptrata), die mit ihren langen, borstenförmigen Fühlern und ihren 15 Paar dünnen Beinen, von denen das letzte fühlerartig und länger als der Körper ist, so unheimlich aussehen, daß es nicht zu verwundern ist, wenn sich viele Menschen vor dem harmlosen Geschöpf fürchten. Sie ernähren sich von Fliegen, Borstenschwänzen und anderen kleinen Tieren. Bei der Berührung laufen sie schnell davon oder kugeln sich zu einer kleinen Masse zusammen und lassen sich dann herabfallen. Von Spinnen erbeutete ich an den Wänden des Hofes und der Zimmer 7 Arten in 8 Exemplaren: ein unreifes Exemplar der Spezies Zoropsis rufipes, die ein Charakteristikum der kanarischen Fauna bildet, ein Weibchen der mit Schiffen weit verschleppten Spezies Oecobius navus, ein unreifes Männchen von Dysdera crocota, einer häufigen europäischen Art, ein unreifes Exemplar von Cyrtophora citricola, einer in Afrika weit verbreiteten Spezies, ein Männchen der europäischen Art Tegenaria pagana, ein junges Exemplar einer unbestimmbaren Salticide und ein Männchen und Weibchen von Menemerus semilimbatus, einer in der Mittelmeerregion häufigen Spezies. Borstenschwänze waren wie die übrigen Hausgenossen nur spärlich vertreten, ich fing in drei Monaten nicht mehr als 6 Stück: 3 Ctenolepisma lineata, 1 Ctenolepisma ciliata und 2 Ctenolepisma longicaudata.

An den Wänden des Aborts bemerkte ich öfters die spindelförmigen, mit sehr feinen, bräunlichen Sandkörnern bedeckten Säckchen der Puppen von Tineola allutella, einer Motte, die bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt war. Nehme ich noch einen im Hof gefangenen Marienkäfer (Coccinella septempunctata), vier an der Mauer des Hofes erbeutete, noch unbestimmte Mücken, vier geflügelte Formen einer Ameise, die in einem Wassergefäß ertrunken waren, einen grauen Zünsler, einen Gecko (Tarentola delalandei) und einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis), der sich nach einem heftigen Regenwetter in meinen Hof verirrt hatte, hinzu, so habe ich alle Tiere erwähnt, die ich während meines dreimonatlichen Aufenthaltes im Bereiche meiner Behausung in San Sebastian antraf.

Die Tür meiner Wohnung erdröhnte oft von den Schlägen der kleinen Gomeros, die mir Eidechsen, Fische und Vögel zum Kaufe anboten. Anfangs nahm ich ihnen einiges ab, später aber,

als sie nichts Neues mehr brachten, konnte ich mich ihrer nur dadurch entledigen, daß ich die Sachen behielt, ohne ihnen etwas dafür zu bezahlen. Einmal brachten mir die Fischer ein wundervolles Exemplar der Steinkoralle Dendrophyllia ramea, das jetzt meinen Tisch ziert, leider aber die ursprüngliche leuchtend rote Farbe verloren hat.

Am 30. Dezember machte ich zwischen neun und zehn Uhr abends eine Exkursion nach dem kleinen Tamariskenwäldchen in der Nähe des Strandes, um die Fauna des Baches, der dieses Wäldchen durchfließt, kennen zu lernen. Der Bachgrund ist in der Mitte mit Kies, an den Ufern mit Schlamm bedeckt. Beim Aufwühlen des Schlammes kamen zahlreiche Meeräschen (Mugil capito) zum Vorschein. Diese Fische sind auch an allen europäischen Küsten häufig und gehen ins Brackwasser, um dort den mit organischen Resten gemengten Schlamm und Sand zu verschlingen. Aus dem Tamariskengebüsch hörte ich beständig das laute Quaken der Laubfrösche (Hyla arborea var. meridionalis), sobald ich mich aber der Stelle, von der es kam, näherte, hörte es plötzlich auf, und trotz der größten Mühe und Vorsicht konnte ich nicht ein einziges Exemplar des Tieres erhalten. Im Wasser des Baches schwammen kleine, wahrscheinlich zur Gattung Hydroporus gehörige Käfer, die die langen Hinterbeine zum Rudern benutzten und eine Luftblase nachschleppten. Bei der Verfolgung verbargen sie sich unter Steinen. Die Untersuchung des Schlammes ergab Eintagsfliegen(Ephemeriden)larven, Zuckmücken(Chironomiden)larven, deren kleine Schlammröhren und zuckende Schwimmbewegungen ich beobachtete, Waffenfliegen-(Stratiomyiden)larven und Muschelkrebse (Cypris spec.). Kraepelin schrieb 1895: »Ob Süßwasser-Crustaceen auf den von uns besuchten Inseln (Madeira und den Kanaren) vorkommen, wage ich nicht zu entscheiden. Die Befischung einiger der zahlreichen Levadas — offenen Bergwasserleitungen — mit dem Mullnetz ergab ein negatives Resultat; nur Mückenlarven und Ancylus striatus wurden in ihnen beobachtet.« Das Vorkommen von Muschelkrebsen auf den Kanaren ist also nun festgestellt. Ich untersuchte das Bachwasser auch mikroskopisch und fand darin Amoeben, Vorticellen, Stylonychien, Difflugien, Diatomeen und Desmidiaceen.

Wiederholt besuchte ich eine Stelle des Baches etwa eine Stunde oberhalb San Sebastians. Ich fand dort unter den Steinen

am Ufer den Regenwurm Eiseniella tetraedra, die Tausendfüßer Lenia bicarinata und Pachyjulus sansibastianus — eine neue Spezies, die Graf Attems zu Ehren der Hauptstadt Gomeras benannt hat — die neue Spinnenart Xysticus sebastianus, der dasselbe Schicksal widerfuhr, die Grille Gryllus hispanicus, die Langwanze Lygaeus militaris, einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis) und einen Gecko (Tarentola delalandei). Im Wasser tummelte sich auch hier der bereits erwähnte Käfer Hydroporus spec. Von den Pflanzen am Ufer des Baches streifte ich mit dem Netz Eintagsfliegenlarven und eine Köcherfliegenlarve ab, deren Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt war. Die 1895 von Kraepelin aufgestellte Behauptung, daß die Ordnung der Neuropteren auf den Kanaren überhaupt nicht vertreten sei, besteht also nicht mehr zu Recht. Unter den Steinen im Bach sammelte ich zahlreiche, bis 13 mm lange Planarien mit dreieckigem Kopf, die wahrscheinlich der Spezies Planaria gonocephala angehören, ferner einige Exemplare einer Flußnapfschnecke (Ancylus spec.) und mehrere Kriebelmückenlarven (Simulia spec.), deren bräunlicher, durchscheinender Körper sich nach Art der Spannerraupen, aber in horizontaler Ebene bewegt. Die Tiere heften sich gern mit dem Hinterende fest und lassen dann den frei erhobenen Vorderkörper lebhaft schwingen, bewegen beständig die Kiefer und beißen sich gegenseitig. Unter einem großen Stein im Bach entdeckte ich das dicht über dem Wasserspiegel zwischen kleineren Steinen horizontal ausgespannte Radnetz der Uferspinne (Tetragnatha gracilis), dessen Bewohnerin mit lang ausgestreckten Vorder- und Hinterbeinen auf Beute lauerte. Aus einem ganz verschlammten Tümpel in der Nähe des Baches zog ich große unbestimmbare Bruchstücke von Regenwürmern und zahlreiche Libellenlarven hervor. Die Temperatur des Bachwassers betrug am 3. Januar 17° C. bei 19° C. Lufttemperatur.

An den Ufern des Baches wächst hier zahlreich der Asklepiadeenstrauch Gomphorocarpus fruticosus, dessen Stengel und Blätter ich dicht mit Blattläusen besetzt fand, deren Bestimmung leider nicht möglich war. Sie hatten eine gelbe Körperfarbe, von der sich die schwarzen Fühler, Beine, Augen und Honigröhren abhoben, und waren fast alle ungeflügelt. Auf derselben Pflanze bemerkte ich mehrere Marienkäfer (Coccinella septempunctata) und die Raupen von Danais chrysippus, der einzigen in Europa

und Nordafrika vorkommenden Art der besonders in Indien einheimischen Schmetterlingsfamilie der Danaiden. Der Falter flog ziemlich zahlreich über den steinigen Boden am Ufer des Baches und setzte sich nur selten auf die dort wachsenden Pflanzen. Er kommt nach Simony auf Gomera vom Hafen bis in den oberen Teil des Barranco de la Villa auf allen mit Gomphorocarpus fruticosus bewachsenen Stellen häufig vor. Seine Flugzeit scheint fast das ganze Jahr hindurch ununterbrochen zu dauern, da Brunner die Art zahlreich im Juni in Orotava fing und Simony sie vom Juli bis September antraf. Ein durch Brunner erbeutetes Männchen ist mit der Angabe »La Paz, 4. November 1888« bezeichnet, und Christ traf die Art vom März bis April. Ich selber beobachtete sie im Dezember und Januar. Der Schmetterling hat eine sehr weite Verbreitung und fehlt nur in den beiden amerikanischen Faunengebieten vollständig. Er ist nach Rebel zweifellos als ein afrikanischer Bestandteil in der kanarischen Fauna zu betrachten, und sein Fehlen auf den östlichen Kanaren, wo er ehemals wahrscheinlich vorkam, erklärt sich aus dem Mangel an derzeit geeigneten Flugplätzen. Auf Madeira und den Azoren wurde er niemals gefunden, dagegen im mediterranen Faunengebiet bei Gibraltar und ehemals auch bei Neapel und Athen beobachtet. Die Raupe tritt auf den Kanaren zuweilen in großer Menge auf. Außer Danais chrysippus flogen vereinzelte Distelfalter (Vanessa cardui), die bekanntlich in der ganzen Welt verbreitet sind, und Weißlinge (Pieris spec.) über die steinige Talsohle des Barranco de la Villa. Einer schönen roten Libelle stellte ich vergeblich mit dem Netze nach.

Unter den Steinen des Talgerölls sammelte ich in der Nähe San Sebastians eine neue Spezies der Tausendfüßer, die Graf Attems als Pectiniunguis melanostictus bezeichnet hat, mehrere Spinnen (Callilepis moebii und Xysticus asper), ziemlich viele Exemplare des Borstenschwanzes Ctenolepisma lineata var. eatonii, eine Heuschrecke (Sphingonotus coerulans) und drei Ameisenspezies (Monomorium salomonis, Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und Camponotus rufoglaucus subsp. feae).

Das Tal von San Sebastian ist, wie bereits erwähnt, in seinem unteren Teile sehr öde und nur mit spärlicher Vegetation bedeckt. Die auffallendsten Pflanzen sind Balobäumchen und Wolfsmilchsträucher. Der Balo (Plocama pendula) ist eine den

Kanaren eigentümliche Rubiacee von trauerweidenähnlichem Habitus, die ihre nächsten Verwandten in Südafrika besitzt und durch ihre sehr dünnen, zarten, elastischen Äste und hängenden, schmalen, nadelartigen, hellgrünen Blätter an Wind und Trockenheit angepaßt ist. Die Wolfsmilchsträucher gehören zwei Typen an, die von den Kanariern als Cardon und Tabayba unterschieden werden. Der Cardon ist die kanarische Wolfsmilch (Euphorbia canariensis) und besteht aus säulenkaktusartigen, blaugrünen Sprossen ohne Stamm. Er ist in seiner Verbreitung auf die Kanaren beschränkt und hat seine nächsten Verwandten in Marokko. Der Tabaybatypus umfaßt sechs verwandte, ebenfalls endemische Arten, von denen Euphorbia berthelotii nur auf Gomera vorkommt. Sie bilden auf allen westlichen Kanaren Buschwälder an den Abhängen und haben ihre Stammformen im Mittelmeergebiet, von wo sie frühzeitig nach den kanarischen Inseln gelangten und sich dort in neue Arten spalteten. Die Tabayben sind kleine Bäumchen vom Habitus des Drachenbaumes und zeigen, wie Schimper nachgewiesen hat, eine schöne Anpassung an das windige Klima. Die schmalen, federbuschartig angeordneten Blätter bieten dem Wind eine geringe Widerstandsfläche, wodurch die Gefahr des Zerreißens vermieden wird; die des Stieles entbehrenden Basen der Blätter decken sich gegenseitig panzerartig, und die wenigen dicken Äste besitzen große Biegsamkeit und Elastizität. Diese Eigentümlichkeiten finden sich bei Holzgewächsen aus den verschiedensten Verwandtschaftskreisen, so auch bei einer baumförmigen, von den Kanariern Berode genannten Composite (Kleinia neriifolia), die mit den Tabayben vergesellschaftet vorkommt und ihnen zum Verwechseln ähnlich sieht.

Von anderen Charakterpflanzen, die dem Wanderer im unteren Teil des Barranco de la Villa auffallen, seien noch die Gänsedistel und die Magarza erwähnt. Die Gänsedistel (Prenanthes spinosus) ist eine nordafrikanische Wüstenpflanze, die man wegen ihrer blattlosen Dornenzweige, an denen nur vereinzelte gelbe Blütenköpfchen sitzen, treffend einen vegetabilischen Igel genannt hat. Sie wird in ihrer Heimat, aus der sie unverändert nach den Kanaren gelangt ist, nur vom Dromedar gefressen. Die Magarza (Chrysanthemum frutescens), die als Zierpflanze in unseren Kalthäusern gehalten wird, gehört zu der Sektion Argyranthemum,

einem Typus von sieben kanarischen Endemen, der ein Beispiel für die Bildung zahlreicher Formen aus einer Stammform darstellt. Ihre nächsten Verwandten sind südafrikanische strauchige Formen von Chrysanthemum. Die Blätter sind ein- bis zweifach fiederschnittig und haben lineale, etwas succulente, blaubereifte Zipfel. Durch diese Zerteilung des Laubes ist auch diese Pflanze dem windigen Klima angepaßt. So bietet schon ein kleiner Spaziergang auf einer kanarischen Insel dem Naturfreund eine Fülle interessanter ökologischer Erscheinungen, und die Beobachtung solcher eigenartigen Beziehungen zwischen Organisation und Medium an Ort und Stelle gehört zu den größten Freuden, die einem wissenschaftlichen Reisenden zuteil werden.



Sandstrand bei San Sebastian

Drittes Kapitel

Küstenwanderungen bei San Sebastian

Einen großen Teil der Zeit meines Aufenthaltes in San Sebastian verwendete ich auf die Erforschung des Flachstrandes und der benachbarten Felsenküste. Jener wird von den Einwohnern als Playa, diese als Costa bezeichnet. Auf der Playa konnte ich nach der Beschaffenheit des Bodens mehrere ziemlich scharf getrennte Zonen unterscheiden.

Die erste Zone ist der Kiesstrand. Er bildet dicht am Ufer einen schmalen Streifen von 1—15 cm großen, rundlichen oder flachen Steinen, die mit eintönigem Geräusch von der Brandung an die Küste geschoben und dann teilweise wieder mit zurückgerissen werden. Ihre hellgraue bis dunkelgraue Oberfläche ist entweder vollständig glatt und dicht oder fein porös oder mit eng aneinanderliegenden größeren oder kleineren Löchern bedeckt. Bei manchen fand ich sie mit weißen, nadelartigen Strichen unregelmäßig gezeichnet, den Querschnitten von plattenförmigen Mineralausscheidungen.

Keinerlei lebende Wesen waren zwischen den hin und her rollenden Steinen zu bemerken; nur einzelne abgerissene Blätter der Grünalge Enteromorpha linza, mehrere stark abgeschliffene Patellenschalen und ganz vereinzelte Bruchstücke von Muschelschalen bemerkte ich auf diesem Teil des Strandes.

Die zweite Zone der Playa besteht aus sehr feinem Sand, der in größerer Fläche grau, in geringerer Menge schwarz erscheint. Er setzt sich aus eckigen, dunkeln Lavakörnern und flaschengrünen, tafeligen Olivinkristallen zusammen. Einzelne größere Steine liegen auf seiner Oberfläche umher, auf der man außerdem die Stapfen nackter menschlicher Füße und die Wellenfurchen sieht, die durch den Flut- und Ebbestrom sowie durch den Wind erzeugt werden.

Auch diese Zone ist ohne jede Vegetation und beherbergt von Pflanzen nur abgerissene, durch die Wellen angespülte Algenreste. Ich fand hier die kleinen, zierlichen, rotbraunen Bäumchen des Rottanges Laurencia hybrida, die breiten, welligen Lappen der Grünalge Enteromorpha linza, die graugrünen, mit Kalk inkrustierten Polster der Kalkalge Corallina virgata und einzelne Büschel des eigentümlichen, aus langen Schläuchen zusammengesetzten Schwammtanges Codium tomentosum, der fast in allen Meeren vorkommt. Die elf grünen Pallisadenschläuche des meinem Herbarium einverleibten Exemplares sind zum Teil oben am Rande nicht unbeträchtlich verdickt, ähnlich wie bei dem australischen Codium galeatum.

Von tierischen Produkten fand ich auf dem Sand dieser Zone zahlreiche gebleichte Knochen von größeren Fischen, wie Stücke der Wirbelsäule, isolierte Wirbel, Flossenstrahlen und Schädelknochen, ferner zwei kleine tote Krabben (Pachygrapsus transversus und Neptunus hastatus), einzelne Krabbenbeine, einen kleinen toten Seestern (Archaster spec.), einzelne stark abgeschliffene Patellen- und Muschelschalen und zahlreiche ganze und zerbrochene Schalen des zierlichen Posthörnchens (Spirula peronii), die an allen kanarischen Küsten häufig sind, während das Tier selbst, ein zehnarmiger Tintenfisch, in größeren Tiefen lebt und selten gefunden wird.

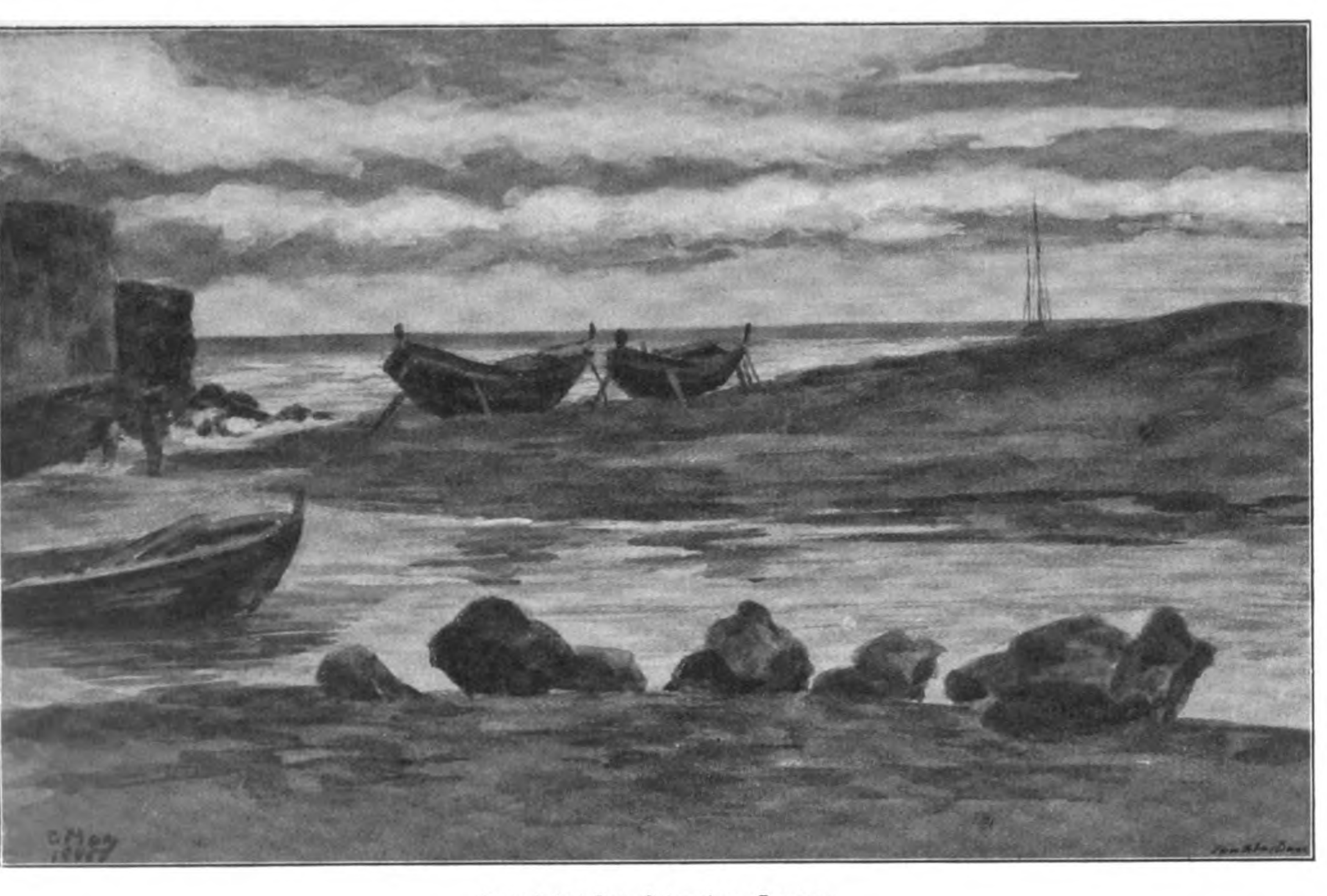
Unter den Steinen und Enteromorpha-Blättern hielten sich zahlreiche Sandhüpfer (Talitrus saltator) auf, Flohkrebse, die auch an den sandigen Küsten Europas gemein sind. Besonders die kleineren Exemplare fand ich massenhaft auf und unter den umherliegenden Enteromorphalappen versammelt. Ich brachte einige in ein Gefäß mit Süßwasser, in dem sie 5—7 Stunden lebten. Sie schwimmen sehr schnell, bald auf dem Rücken, bald auf dem Bauch, drehen sich wirbelnd herum und laufen schnell auf den

Algen und auf der Sandbedeckung des Gefäßbodens umher. Wenn sie eine Zeit lang geschwommen haben, lassen sie sich wie tot auf den Boden des Gefäßes fallen.

Die dritte Zone der Playa besteht aus Sand, der mit dicht gedrängt liegenden, geglätteten und gerundeten Steinen gepflastert und gröber ist als in der zweiten Zone, gemäß dem Gesetz, daß die größeren Gerölle von den Wellen am weitesten gegen das Land hingeschleudert werden, während der feinere Sand bei dem Zurückweichen der Wellen mitgeschwemmt und am Fuß des Auswurfs abgelagert wird. Auch diese Zone ist noch fast vegetationslos, nur einzelne Pflanzen der folgenden Zone reichen an einigen Stellen in sie hinein.

Unter den Steinen sammelte ich sehr zahlreiche Exemplare der Kugelassel Tylos latreillei. Diese Crustaceen dringen auch ohne Schwierigkeit ins Brackwasser ein; Keller fand eine verwandte Art in den pontinischen Sümpfen als marinen Relikt. Ziemlich oft bemerkte ich beim Aufheben der Steine auch den großen Ohrwurm Labidura riparia, von dem ich 10 Exemplare erhielt, darunter 8 Weibchen und 2 Männchen. Die Zangen des Männchens sind fast doppelt so lang als die des Weibchens und mit einem Zahn nahe der Mitte jedes Zangenstückes versehen. Von Grillen sammelte ich 2 Exemplare der Spezies Gryllus bimaculatus, die in ganz Afrika, auf Madeira und den Kanaren vorkommt und unserer Feldgrille (Gryllus campestris) sehr ähnlich, aber größer ist und längere Unterflügel besitzt. Ab und zu flog eine Feldheuschrecke (Sphingonotus coerulans) mit schnarrendem Geräusch auf. Ihre braunen Flügeldecken machen sie beim Sitzen dem Boden sehr ähnlich, während beim Fliegen die bläulichen Hinterflügel auffallen. Ich erbeutete 1 Männchen und 2 Weibchen. Außerdem sammelte ich unter den Steinen der dritten Zone noch ein unreifes Exemplar einer zu der Gattung Xysticus gehörigen Spinne, einen Tausendfuß (Pachymerium ferrugineum), einen Borstenschwanz (Ctenolepisma lineata var. eatonii), 2 Marienkäfer (Coccinella septempunctata) und mehrere Geckos (Tarentola delalandei).

In der vierten Zone der Playa geht der Sand in einen erdigen Boden über. Die Zone wird durch eine künstliche Mauer größerer Steine und eine Hecke von Tamariskengesträuch abgeschlossen. Unter den Pflanzen, die auf ihr wachsen, fallen die



Strand bei San Sebastian, Gomera

Gänsedistel (Prenanthes spinosus), die Magarza (Chrysanthemum frutescens var. parviflorum) und der Balo (Plocama pendula) besonders auf. Außer diesen Charakterpflanzen sammelte ich hier die Kräuter Aizoon canariense, Aizoon spec., Chenopodium spec. und Zollikoferia spec., von denen jedoch keins in Blüte stand. Unter den Steinen bemerkte ich außer einem Schwarzkäfer (Hegeter spec.) und zahlreichen kleinen Ameisen dieselben Tiere wie in der dritten Zone, doch waren sie zahlreicher vertreten.



Palmen am Strande von San Sebastian

Ferner fand ich ein Wespennest, das an der Unterseite eines großen Steines befestigt war und wie bei unseren Feldwespen (Polistes) nur aus einer einzigen Wabe ohne äußere Umhüllung bestand. Die Zellen waren meist kreisrund, nur wenige sechsseitig.

Die Playa von San Sebastian wird im Süden durch eine etwa 130 m hohe, steile Felswand abgeschlossen, die in der Punta de los Canarios endet. Bei einer Exkursion am 19. Dezember 1907 erfreute ich mich der unvergleichlichen Aussicht, die man am Fuße der Punta genießt. Vor mir im Hintergrund erhob sich Teneriffa mit seinem weißen Pik und seinen tief von Schluchten durchschnittenen Abhängen aus dem Ozean. Zu meinen Füßen hatte ich das mächtig brandende Meer, dessen wechselnde Farbentöne hier gut zu beobachten waren: der weiße Schaum der Brandung, eine Zone gelblichen Wassers, ein schmales grünes Band, eine weite hellblaue Fläche bis zum Ausgang der Bucht, das tiefblaue, fast schwarze Wasser der offenen See. Der Sand-

strand war, soweit das brandende Wasser hinaufrollte, dunkelbraun, dann grau und erhielt seinen Abschluß durch die schmutziggrüne Tamariskenhecke. Diese wurde überragt von den sattergrünen Palmen, zwischen denen sich der alte Grafenturm mit seinen grau und rot verwitterten Mauern erhob. Auf der mir gegenüberliegenden Seite der Playa stiegen die 130 m hohen steilen Felsen der nordöstlichen Umwallung des Talausganges empor, welche die zerklüftete Felsenzunge der Roques del buen Paso ins Meer entsenden und eine deutliche Schichtung verschiedenfarbiger Laven- und Tuffbänke erkennen lassen. Weiter talaufwärts sah ich die in der Sonnenbestrahlung blendend weißen Häuser der Stadt mit ihren roten Ziegeldächern am Fuße des grauen, durch die Wolfsmilchsträucher mit grünlichen Anflügen bedeckten Talhanges sich hinziehen. Und alles dies war überwölbt von einem wolkenlosen, hellblauen Himmel.

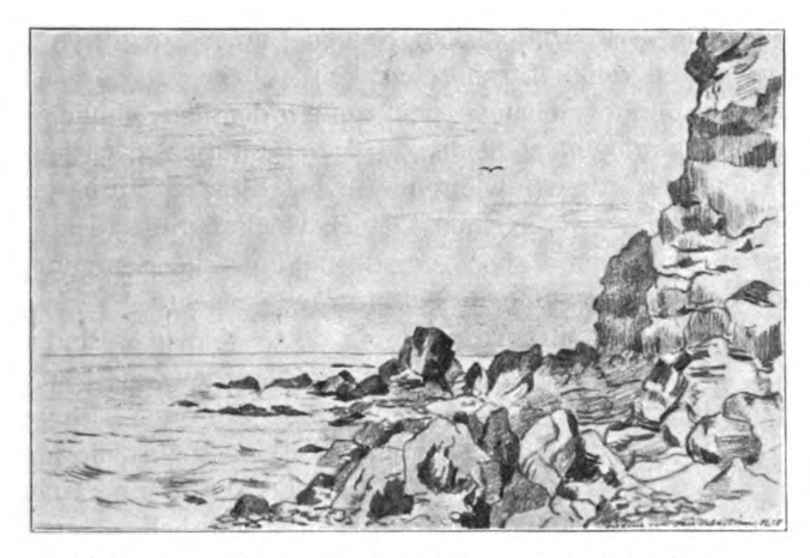
Ich verfolgte auf mehreren Ausflügen die Küste in südwestlicher Richtung bis fast zum Barranco de la Guancha. Sie ist nach der Bezeichnung Richthofens eine Strandküste mit Steilrand. Der steilen Felswand ist ein Blockstrand und diesem ein Felsenstrand vorgelagert.

Die Felswand besteht aus basaltischer Lava und zeigt abwechselnde Bänke von kompakter, grauer Tiefenlava und brauner Gekröselava. Jene ist in der Tiefe, diese an der Oberfläche des Stromes geflossen. Die Tiefenlava ist reich an Blasen, und vielfach bedecken weiße, kugelige Ausblühungen von Kalkspat die Hohlräume beider Laven oder füllen sie ganz aus.

Der Blockstrand setzt sich aus großen und kleinen, teils gerundeten, teils eckigen Lavablöcken zusammen, auf denen häufig weiße Kalkspatausblühungen zu bemerken sind. Das Trümmermaterial bei der Punta de los Canarios zeigte deutliche Fluidalstruktur durch die in die Länge gezogenen Hohlräume. Der Blockstrand ist fast ganz vegetationslos, nur auf einzelnen Blöcken wachsen stark weiß gebleichte junge Pflänzchen einer Form des sehr polymorphen Gallerttanges Gelidium capillaceum. Der dem Lande nähere Teil des Blockstrandes zeigt keinerlei tierisches Leben, dagegen wimmelt es auf den glattgewaschenen, im Wasser liegenden Steinen des der See zugekehrten Teiles von Einsiedlerkrebsen (Pagurus spec.), die hier ihrem Namen wenig Ehre machen. Sie tragen die Gehäuse von Kreisel-, Purpur- und

anderen Schnecken auf dem Rücken, und ich fand es sehr schwierig, sie unverletzt aus diesen herauszuziehen. Vergeblich versuchte ich die Tiere durch Alkohol, Formol, Anbohren, Erschüttern und Zertrümmern der Schneckenschale zum Verlassen ihrer Wohnung zu bewegen.

Der dem Blockstrand vorgelagerte Felsenstrand ist außerordentlich stark zerklüftet und von der Brandung zerfressen, mit



Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal

vielen Höhlungen, Grotten, Löchern, Spalten und Vertiefungen versehen, in denen bei Ebbe kleine Seewassertümpel, die von den Engländern sogenannten rock pools, zurückbleiben. Er zeigt sich über und über mit einem dichten Rasen kleiner Seepocken oder Balaniden bedeckt, die einer besonderen Varietät von Chtamalus stellatus angehören. Größere Flächen des Gesteins sind ganz mit Spirorbisgehäusen, den Schalen kleiner Röhrenwürmer, überzogen, die sich auch auf den kleinen Steinen in den Spalten und Tümpeln massenhaft vorfinden. Zahlreiche Napfschnecken oder Patellen sind an den Felsen angesaugt; ich sammelte viele junge Individuen von Patella guttata mit schwarzgetupften Schalen und größere Formen von Patella crenata. Zuweilen fand ich die Schalen mit winzig kleinen Balaniden besetzt. Die Napfschnecken werden von den Kanariern

gern gegessen. Mit ihnen vergesellschaftet findet sich die Purpurschnecke (Purpura haemastoma), die das Mittelmeer, die Kanaren und die brasilianischen Küsten bewohnt. Ihre weite Verbreitung erklärt sich daraus, daß sie sich an Schiffe festsetzt. Auch ihre Schale ist vielfach von kleinen Balaniden bedeckt. Das Tier scheidet einen gelblichen Saft aus. Eine dritte häufige Form ist eine Kreiselschnecke (Trochus saulcyi), deren kegelförmige Schale durch kleine braune Striche in Zickzacklinien gezeichnet ist. Das Tier wird unter dem Namen Caracol gegessen. Dazu kommen zwei kleine Strandschnecken (Litorina canariensis und L. affinis), deren Gehäuse sich außerordentlich ähnlich sehen und nur dadurch unterscheiden, daß bei Litorina canariensis die Schale quergestreift ist, während sie bei Litorina affinis auf der letzten Windung zwei Reihen kleiner Höcker trägt. Eine kleine Käferschnecke (Chiton spec.) vervollständigte die Sammlung von Schnecken, die ich auf dem Felsenstrande machte.

Die Ebbetümpel bei der Punta de los Canarios sind dreierlei Art. Ein Teil ist gänzlich ohne Pflanzenwuchs, auf ihrem nackten Felsenboden sind zahlreiche Litorinen angesaugt. Am 19. Dezember 1907, nachmittags 3 Uhr, fand ich in ihnen eine Temperatur von 17° C. bei gleicher Lufttemperatur. Ein zweiter Teil der Tümpel ist mit zahlreichen hellgrünen Algen (Enteromorpha lingulata, E. compressa und E. prolifera) bewachsen, die in langen Fäden flottieren, sowie mit einem kurzen dunkelgrünen Rasen von Calothrix aeruginea. Jeder Netzzug brachte aus ihnen zahlreiche durchsichtige Garneelen (Palaemon squilla), die im Seichtwasser längs der Küsten aller kanarischen Inseln gemein sind, und einige kleine Schleimfische (Blennius galerita und B. sanguinolentus) hervor. Die Temperatur des Wassers betrug zu der angegebenen Zeit 18,5° C. bei 17° Lufttemperatur. Ein dritter Teil der Tümpel zeigt dichte Rasen der reich verästelten Brauntange Cystoseira pumila und Sargassum desfontainesii sowie der Rottange Gelidium capillaceum und Corallina officinalis. Die meisten dieser Tange fand ich dicht mit Spirorbisgehäusen besetzt. Einige kleine Schleimfische und Schnecken belebten diese Tümpel, während Garneelen fehlten.

Etwa eine halbe Stunde südwestlich von der Punta de los Canarios befindet sich eine kleine langgestreckte Bucht, in der eine vorspringende Felsenmauer den Blick auf San Sebastian

verwehrt. Die Bucht spitzt sich an der Küste zu einem engen Einschnitt zu, der von einer großen Höhle überwölbt wird. Diese ist vielfach zerklüftet und auf dem Boden mit wild durcheinander geworfenen eckigen Lavablöcken bedeckt, die mit Kalkalgenkrusten und Kalkspatinkrustationen überzogen sind. Am 16. Dezember 1907 erreichte ich diese Stelle der Küste als gerade Flut war. Das Wasser in der Bucht befand sich in tosender Bewegung. Mit gewaltigem Stoß drang es in die kleinen Felsgrotten ein, um dann in ruhigem Strome wieder zurückzufließen, wie um neue Kraft zum nächsten Ansturm zu sammeln. An der südlichen Seite der Bucht spritzte der Gischt der Wogen meterhoch an den Felsen empor. Ich stieg in den tosenden Strudel hinab und fand die Felsen mit den weißen und roten Krusten der Kalkalge Lithothamnium bisporum überzogen, die ich vergeblich mit Hammer und Meißel loszubrechen versuchte. In einem kleinen Felsenloch entriß ich drei kleine Seeigel (Paracentrotus lividus) ihrem nassen Elemente. In engen Felsspalten entdeckte ich mehrere wundervoll entfaltete Exemplare der roten Pferdeaktinie (Priapus equinus). Als ich sie aber mit dem Messer abzuheben versuchte, verschwand die Pracht, und teilweise entriß der herantosende, die Spalte erfüllende Wasserschwall die Beute wieder meinen Händen. Einmal verlor ich den Halt und rutschte auf dem scharfen Gestein hinab in das brausende Wasser, glücklicherweise mit einigen Schrammen davonkommend. Ein andermal sah ich plötzlich meine Sammelbüchse in weiter Entfernung auf dem Wasser treiben, ich rettete sie durch Schwimmen, wurde aber dann mit furchtbarer Gewalt von den Wogen auf den Felsen geworfen. Die Wassertemperatur betrug an diesem Tage um 9 Uhr vormittags 19° C. bei 17° C. Lufttemperatur.

Am 28. Dezember erreichte ich dieselbe Stelle zur Ebbezeit. Der Felsenstrand lag weithin frei und war mit dichtem Algenrasen bedeckt. Zwischen den reich verästelten Cystoseira-Bäumchen bemerkte ich die fächerförmigen, streifigen Lager der Pfauenschweifalge (Padina pavonia) und die gallertigen Massen von Hydroclathrus cancellatus und Colpomenia sinuosa. Auch die weißen, höckerigen Krusten von Lithophyllum papillosum und die glatten, weißen und rosafarbenen Krusten von Lithothamnium bisporum überzogen das Gestein. Größere Flächen des Felsenstrandes waren ganz mit Spirorbisschalen bedeckt, ebenso

die kleinen Steine in den Spalten und Tümpeln, sowie die Patellenschalen und Braunalgen. In den Ebbetümpeln herrschte ein reges tierisches Leben. Ganze Scharen des Seeigels Paracentrotus lividus, teils dunkelviolett, teils dunkelolivengrün gefärbt, hielten sich besonders unter überhängenden Felsen auf und waren vielfach in das Gestein eingebohrt. Beim Versuch, die mit ihren Füßchen fest angesaugten Tiere aufzuheben, brachen die Spitzen ihrer Stacheln ab und drangen mir ins Fleisch, daß die Finger bluteten. Viele hatten sich mit Steinchen und Schneckenschalen maskiert. Einsiedlerkrebse (Pagurus spec.) in verschiedenen Gehäusen, Garneelen (Palaemon squilla) und der Farbe des Gesteins angepaßte Fische (Gobius paganellus, Blennius galerita und B. sanguinolentus) belebten gleichfalls diese natürlichen Aquarien. Unter einem überhängenden Felsblock entdeckte ich ein dickes Polster des intensiv gelben Hornschwammes Aplysina aerophoba mit schornsteinartigen Erhebungen. Gelbe Kieselschwämme aus der Familie der Suberitiden bildeten dünne Überzüge auf dem Boden der Tümpel. Aus dem harten Lavagestein brach ich mit Hammer und Meißel tief eingebohrte Borstenwürmer (Eulalia viridis, Nereis oliveirai und Eunice harassii) heraus.

Auf einer Exkursion am 22. Januar 1908 fielen mir zum erstenmal in einem der Tümpel zahlreiche Exemplare der koloniebildenden Seerose Palythoa canariensis auf. Diese Aktinie bildet braune, rasenartige Polster, die leicht übersehen werden können, da sie sich infolge ihrer Färbung nur wenig vom Untergrund abheben. Die Spezies ist bis jetzt nur von den kanarischen Inseln bekannt und wurde erst 1896 zum erstenmal von Haddon und Duerden beschrieben, nach zwei kleinen, nur aus 3 bis 4 Polypen bestehenden Kolonien der Sammlung des Museums zu Liverpool. Erst im Jahre 1906 sammelte Zimmer auf Teneriffa ein reicheres Material, unter dem sich mehrere große Kolonien befanden, von denen einzelne bis 40 Polypen enthielten. Bei den von mir auf Gomera gesammelten Exemplaren ist nach Angabe von Pax das Coenenchym viel weniger kräftig entwickelt, als bei den Exemplaren Zimmers. In allen übrigen Merkmalen stimmen jedoch die Exemplare von Gomera mit denen von Teneriffa überein. Die Körperwand ist in beiden Fällen dicht mit kleinen Sandkörnchen inkrustiert; Schwammnadeln und Foraminiferenschalen treten der Masse nach durchaus zurück. Das Entoderm des Mauer-

blattes ist mit einzelligen, gelben Algen oder Zooxanthellen angefüllt, so daß die Tiere in stagnierendem Wasser mit mangelhafter Sauerstofferneuerung gedeihen können, da die Algen Sauerstoff ausscheiden. Die nächste Verwandte der Spezies, Palythoa isolata, bewohnt das Litoral der Bahamainseln.

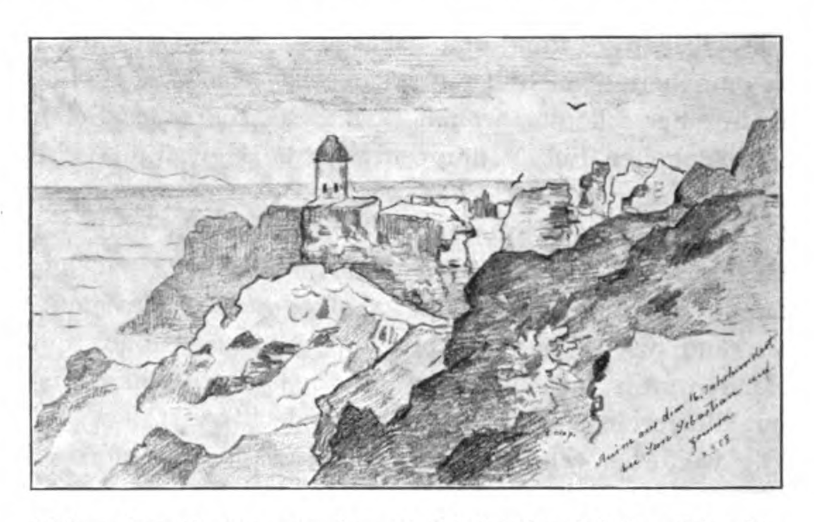
Südlich von der soeben charakterisierten Stelle der Küste Gomeras mündet der Barranco del Machal in das Meer. Er stellt ein enges, ödes und ziemlich seichtes Tal dar, dessen Abhänge mit Wolfsmilch, Balo und Gänsedistel bewachsen sind. In der Erde des Talhanges fand ich zahlreiche, weißgebleichte Helixschalen eingebettet, auch lagen solche frei umher. Der Barranco mündet in einer schönen, weiten Bucht, die zu beiden Seiten von senkrechten, hohen Felsen umgrenzt wird. Gewaltige Felsblöcke sind hier abgestürzt.

Geringes Interesse bietet der Teil des Blockstrandes, der im Norden der Playa am Fuß der Kasernenmauern sich ausdehnt und durch die massenhaft hier abgelagerten Exkremente der Soldaten und Fischer einen wenig appetitlichen Anblick gewährt. Auffallend waren mir hier nur die unzähligen Spirorbis- und anderen Wurmröhren, die die Steine bedeckten.

Die weitere Verfolgung des Blockstrandes in nordöstlicher Richtung wird an dieser Stelle durch die Kaserne verhindert. Man ist genötigt auf einem großen Umweg das Gebäude zu umgehen. Hinter der Fonda steigt ein Pfad zwischen Agavenfeldern und Wolfsmilchbäumchen in die Höhe und senkt sich dann wieder abwärts bis zu der kleinen Mole, die im nordöstlichen Winkel des Hafens zum Landen der Fischerkähne erbaut ist. In geringer Entfernung von der Mole studierte ich die Aufeinanderfolge der Lava- und Tuffschichten an der steilen Felswand, in die der Weg eingehauen ist. Vom Blockstrand steigen bis zur Höhe des Pfades steile Klippen auf, die aus grauer, kompakter, basaltischer Lava bestehen. Der Weg selbst wird von einem Tuff aus braunroten Aschen gebildet, dessen Hohlräume mit Kalkspat inkrustiert sind. An der Felswand zur Seite des Pfades lassen sich folgende Schichten unterscheiden: 1. Ein brauner Tuff aus kleinen, bis erbsengroßen Lapilli. 2. Ein brauner Tuff aus größeren Lapilli. Dieser wird an anderer Stelle durch einen grauen Bimssteintuff mit grauen Schlackeneinschlüssen ersetzt. 3. Ein feinkörniger, lockerer, gelber Tuff, dessen Hohlräume mit Kalkspat

inkrustiert sind. 4. Ein brauner Tuff aus größeren Lapilli bis Taubeneigröße. 5. Ein weinroter Tuff mit dunkeln, glasigen Schlackeneinschlüssen bis Bohnengröße. Dieser wird an anderer Stelle durch einen weinroten, feinkörnigen Tuff ersetzt. 6. Eine kompakte, graue Lavabank, die von einem Streifen dunkelbraun verwitterter Gekröselava durchsetzt wird.

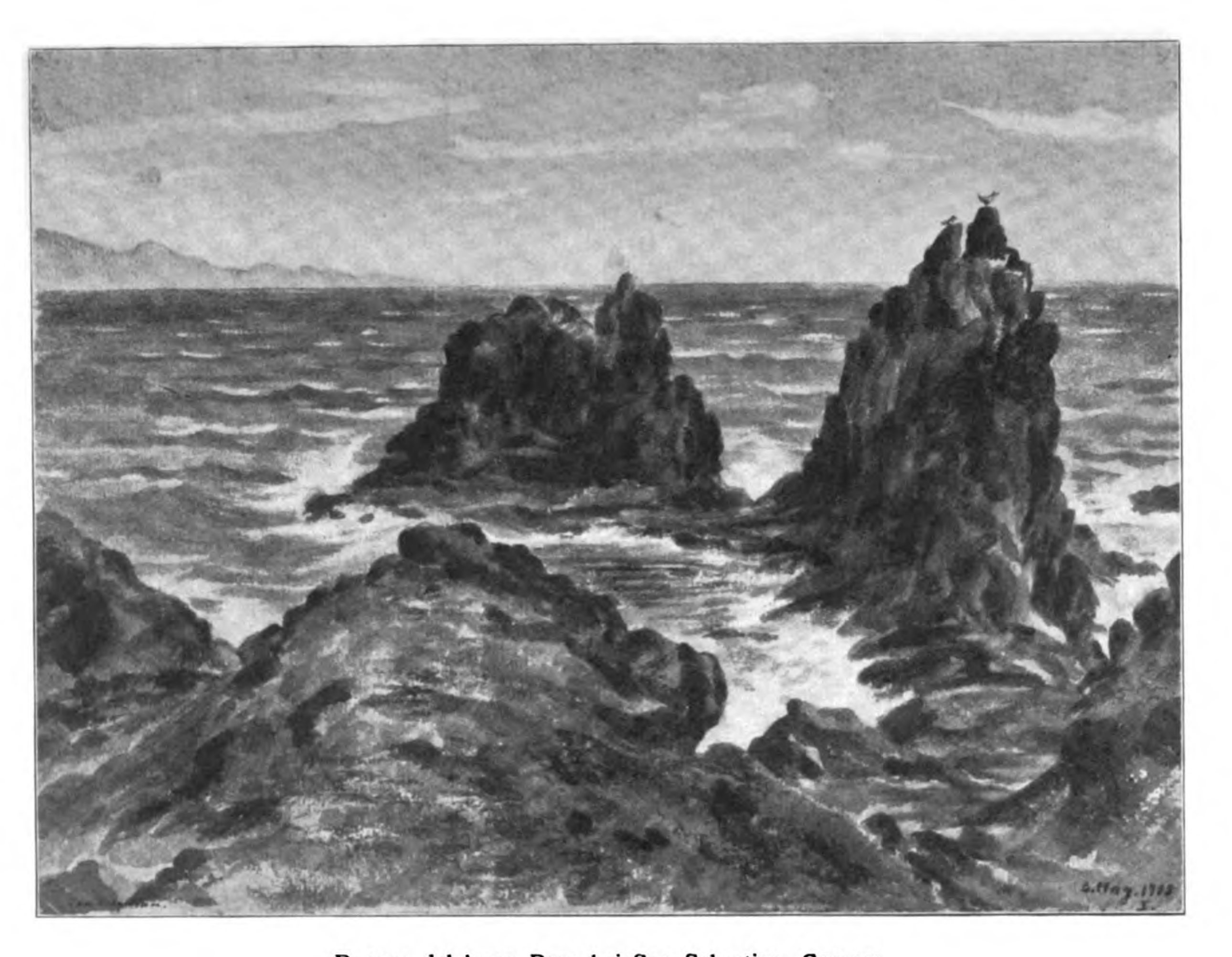
Weiter abwärts wird der Weg nach der Mole von mächtigen Bänken des soeben unter 3 erwähnten lockeren, gelben Tuffs, in



Ruine einer Festung aus dem 16. Jahrhundert bei San Sebastian

den größere Schlacken eingebacken sind, begrenzt. Ehe man die Mole erreicht zweigt sich links ein kleiner Pfad ab, der zwischen dem, vom Regenwasser stark zerklüfteten und mit vielen Löchern durchsetzten Tuffgestein zuerst aufwärts und dann abwärts zu der Ruine eines Forts aus dem 16. Jahrhundert führt, die sich auf den vorspringenden Klippen der Roques del buen Paso erhebt. Die Felsen in der Umgebung des Forts sind mit gelben, roten und weißen Krustenflechten bewachsen, unter denen ich Toninia aromatica, Caloplaca elegans und Caloplaca gomerana, eine neue Spezies, erwähne. Auf der höchsten Stelle des Pfades öffnet sich der Blick auf die Caleta del Conde und Teneriffa.

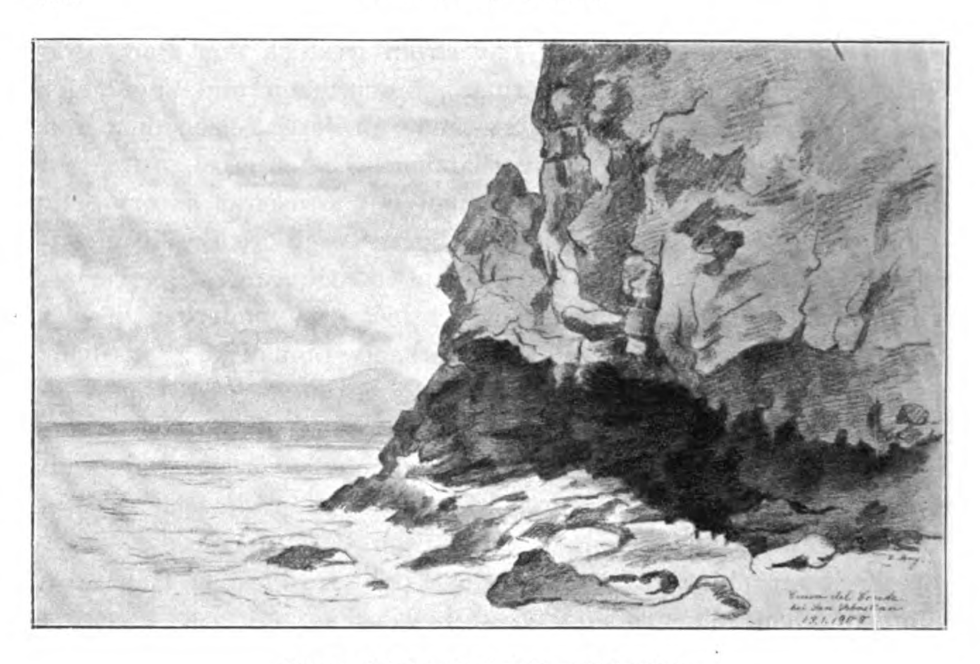
Die Caleta del Conde ist eine langgestreckte Bucht, die nach Süden von den Roques del buen Paso abgeschlossen wird. Diese Roques bieten ein schönes Beispiel für die Art und Weise wie die Brandung das Küstengestein bearbeitet und können mit den



Roques del buen Paso bei San Sebastian, Gomera

Felsen am Infierno und dem Lavastrom westlich von Puerto de Orotava auf Teneriffa, die Biermann beschrieben und abgebildet hat, verglichen werden. Ich kletterte zum Fuß dieser Felsen hinab und durchwatete die hier zahlreich vorhandenen Ebbetümpel. In einem dieser Tümpel wucherte die Braunalge Cystoseira discors sehr üppig und war mit den fädig büscheligen Rasen des Brandspitzentanges (Sphacelaria cirrhosa) und des Außenfruchttanges (Ectocarpus siliculosus) bewachsen. Ferner gedieh hier die wunderbar zierlich fiederförmig verzweigte Rotalge Laurencia pinnatifida. In demselben Tümpel hielten sich zahlreiche gelbgrüne Seerosen auf, die sich bei dem Versuch, sie zu gewinnen, ganz in die Felsen zurückzogen und deshalb schwer zu erbeuten waren. Immerhin sammelte ich 10 Exemplare, die Pax als Aiptasia couchii bestimmt und zum erstenmal anatomisch beschrieben hat. Der Beschreibung entnehme ich, daß das Entoderm in allen Teilen des Körpers dicht mit großen Zooxanthellen angefüllt ist. Aiptasia couchii ist der atlantischen Küste Europas eigentümlich, fehlt allen Nebenmeeren, also auch dem Mittelmeer vollständig und war aus dem nordwestafrikanischen Gebiet bisher nur von Madeira bekannt, das man als die Südgrenze seiner Verbreitung ansah, die nunmehr nach den Kanaren zu verlegen ist. Außerordentlich zahlreich waren ferner in demselben Tümpel die vielfach gewundenen Kalkröhren von Röhrenwürmern, in denen ich jedoch keine Tiere entdecken konnte, und natürlich fehlte auch der Seeigel Paracentrotus lividus nicht.

Am inneren Ende der Caleta del Conde liegt die Cueva del Conde, die Grafenhöhle. Man gelangt zu ihr auf einem halsbrecherischen Pfad, der dicht bei den alten Befestigungswerken längs der Küste der Caleta abwärts führt. In den Boden der Höhle sind durch die von der Brandung in drehende Bewegung versetzten Steine zahlreiche runde, tiefe Löcher eingebohrt worden. Die Höhlenwand besteht aus rotbraun verwitterter, glasiger, poröser Lava. Rechts von der Höhle erhebt sich eine hohe, steile, furchtbar ausgehöhlte Felswand aus rotbraunen Tuff- und schwarzen Lavabänken. Die Lava ist teils massig und feinporös, teils sehr dicht und anscheinend eisenglanzhaltig. Der Tuff besteht zum Teil aus feinen Schlacken mit weißem Belag, zum Teil aus gröberen, bis bohnengroßen, verbackenen Schlacken. In jenen sind einzelne große Schlackenstücke eingebacken.



Cueva del Conde bei San Sebastian

Am Fuße dieser Felswand dehnt sich ein Blockstrand aus, auf dem große Strecken mit dem zierlichen Korallenmoos (Corallina officinalis) sowie mit den weißen Krusten von Lithophyllum oligocarpum bedeckt sind. Massenhaft fand ich auf den Blöcken jugendliche Individuen der Pferdeaktinie (Priapus equinus) angesiedelt. Diese Seerose kommt nur auf felsigem Untergrund vor und ist streng auf die Schorre beschränkt. Im kontrahierten Zustand hat sie ein tonnenförmiges Aussehen, indem sie das Mauerblatt mit Hülfe des Ringmuskels über Tentakel und Mundscheibe zusammenzieht, ohne sich wesentlich in der Längsrichtung zu kontrahieren. Nach Pax dient das Coelenteron als Wasserreservoir für die Periode der Trockenzeit. Nur diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß die Pferdeaktinie selbst ein mehrstündiges Verweilen in der Luft noch gut übersteht. Die Jungen verlassen das Muttertier erst in einem Entwicklungsstadium, in dem ihre Bewegungsfähigkeit relativ gering ist und müssen sich deshalb in der Nähe des Muttertieres ansiedeln. Daher findet man diese Spezies im Gegensatz zu vielen anderen Aktinien fast niemals einzeln, sondern meist in großen Gruppen vereint. Sie ist im atlantischen Ozean von der Westküste Norwegens bis zu den Kapverden verbreitet.

Außer der Pferdeaktinie fand ich auf dem Blockstrand bei der Cueva del Conde ein Exemplar von Phellia vestita. Diese Art wurde von Johnson an der Küste von Madeira entdeckt und war bisher nur von dort bekannt, ist also für die Kanaren neu. Nach der Angabe von Schmitz ist sie auf Madeira in neuerer Zeit nicht wieder aufgefunden worden. Sie war bisher anatomisch noch nicht untersucht, so daß ihre Zugehörigkeit zur Gattung Phellia etwas fraglich erscheinen konnte. Pax zeigt an dem Bau des Ringmuskels, daß wir es mit einer echten Phellia zu tun haben, die der Phellia vermiformis von Thursday Island außerordentlich nahe steht. Das Mauerblatt hat ein warziges Aussehen, das teilweise auf die Inkrustation des Ektoderms mit winzigen Sandkörnchen zurückzuführen ist.

Von Schwämmen bemerkte ich einen grauen Hornschwamm (Hircinia spec.), der im Alkohol grün wurde, und einen grünen Kieselschwamm (Chalina spec.). Schwammähnliche Überzüge auf den Blöcken bildete auch eine blaurote, der Gattung Cystodites angehörige Synascidie, die nach Hartmeyer dem mediterranen Cystodites dellechiajei zuzuordnen ist, der auch bei den Bermudas nahe Verwandte besitzt. Cystodites ist eine tropische Gattung, die nördlich nicht über das Mittelmeer hinausgeht, an den nordwesteuropäischen Küsten also fehlt. Wie mir Herr Dr. Hartmeyer mitteilt, enthalten die von mir gesammelten Exemplare dieser Synascidie in ansehnlicher Zahl den Flohkrebs Tritaeta gibbosa, der in Symbiose mit der Ascidie lebt. Bisher war von den kanarischen Inseln nur eine einzige Ascidie (Ciona flemingi) bekannt; der von mir mitgebrachte Cystodites und die später zu erwähnende Phallusia sind also für die kanarische Fauna neu.

Daß auf den Blöcken bei der Cueva del Conde auch die typischen Schnecken des kanarischen Litorals (Patella, Purpura, Litorina und Trochus) angesaugt waren, bedarf wohl kaum besonderer Erwähnung. In den Spalten zwischen den Blöcken erbeutete ich mehrere Exemplare des stacheligen Seesterns Asterias tenuispina. Auffallend ist bei dieser Art die sehr verschiedene Größe der Arme an demselben Individuum und die verschiedene Zahl der Arme bei verschiedenen Individuen. Eins meiner Exemplare besitzt 6 Arme und zwar 4 große von 40—50 mm Länge und 2 kleine von 15—20 mm Länge. Ein zweites Exem-

plar hat 7 Arme, 4 große von 10—13 mm Länge und 3 kleine von 6 mm Länge. Bei einem dritten Exemplare sind 8 Arme vorhanden, 4 große von 25—30 mm Länge und 4 kleine von 6—10 mm Länge. Stets finden sich also vier längere und unter sich ziemlich gleich lange Arme und 2—4 bedeutend kleinere, unter sich aber wieder ziemlich gleiche Arme. Die letzteren stehen stets zusammen in einem Winkel zwischen zwei der größeren Arme, so daß es den Eindruck macht, als ob sie einem größeren fünften Arm entsprächen oder an Stelle eines solchen, verloren gegangenen, hervorgesproßt wären.

In den Tümpeln und Löchern auf dem Felsenstrand vor der Cueva del Conde wucherte üppig die Braunalge Cystoseira abies marina, deren Äste mit kleinen spitzen Stacheln besetzt sind. Die von mir gesammelten Exemplare tragen vielfach hellbraune Polypenstöckchen aus der Familie der Plumulariden, die ich viel spärlicher auch auf den lanzettlichen Blättern von Sargassum vulgare fand. Die zierlich verästelten Fäden von Asparagopsis delilei und eine junge sterile Pflanze des gabelteiligen Netztanges (Dictyota dichotoma) bildeten weitere Bestandteile meiner Algenausbeute bei der Grafenhöhle. Von Tieren sammelte ich zwei graue, zu der Gattung Euspongia gehörige Hornschwämme, von denen der eine junge Pferdeaktinien in seinen Höhlungen beherbergte, und zahlreiche violette Exemplare des Seeigels Paracentrotus lividus, die beim Einsetzen in Süßwasser teils weisse, teils rote Massen von Geschlechtsprodukten entleerten.

Damit beschließe ich die Schilderung meiner Küstenwanderungen in der Umgebung San Sebastians. Andere Teile der gomeranischen Küste werde ich in den beiden folgenden Kapiteln beschreiben.



Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen dem Barranco de la Villa und dem Barranco de Bilbao

Viertes Kapitel

Von San Sebastian nach der Ermita de la Guadelupe

Nördlich von San Sebastian liegt dicht an der Meeresküste ein kleiner Wallfahrtsort, die Ermita de la Guadelupe, ein mehrfaches Ziel meiner zoologischen Ausflüge. Das Gebiet zwischen ihr und der Hauptstadt soll hier kurz beschrieben werden.

Dicht hinter der Fonda San Sebastians führt ein steiniger Pfad zwischen Agavenfeldern und Wolfsmilchsträuchern auf die Hochfläche nördlich vom Barranco de la Villa. Hat der Wanderer das Holzkreuz auf der Höhe erreicht, so genießt er einen prächtigen Blick auf den Barranco nach der einen, auf das Meer nach der anderen Seite. Im Vordergrund des Tales zieht sich die Stadt hin, die bunten Häuser überragt von den Wipfeln der Palmen, die stellenweise kleine Haine bilden. Längs der Stadt und über sie hinaus erstreckt sich der breite Streifen der grünen Felder, der an der Mündung des Tales dessen ganze Breite einnimmt. Hier erhebt sich der alte, verwitterte Grafenturm. Weiter hinauf dehnt sich zwischen den Feldern und den braunen Tal-

abhängen, auf denen die Wolfsmilch nur einen schwachen, grünlichen Schimmer bildet, der steinige, kahle Talboden aus, durchschnitten von zahllosen Wasseradern, die sich nach stärkeren Regengüssen an der Talmündung zu einem kleinen Flusse vereinigen. Im Hintergrund erweitert sich das Tal zu einem halbkreisförmigen Kessel, der durch schroffe, kahle Felsen mit scharfen Graten und Spitzen abgeschlossen wird. Durch einen sich vorschiebenden Höhenzug ist dieser Kessel geteilt, so daß sich das Tal hier spaltet. Wendet der Beschauer den Blick, so sieht er über die tiefblaue Fläche des Meeres, aus der die langgestreckten Höhen Teneriffas auftauchen, oft überlagert von einer Wolkenbank, aus der der schneebedeckte Pik sich in den blauen Äther erhebt.

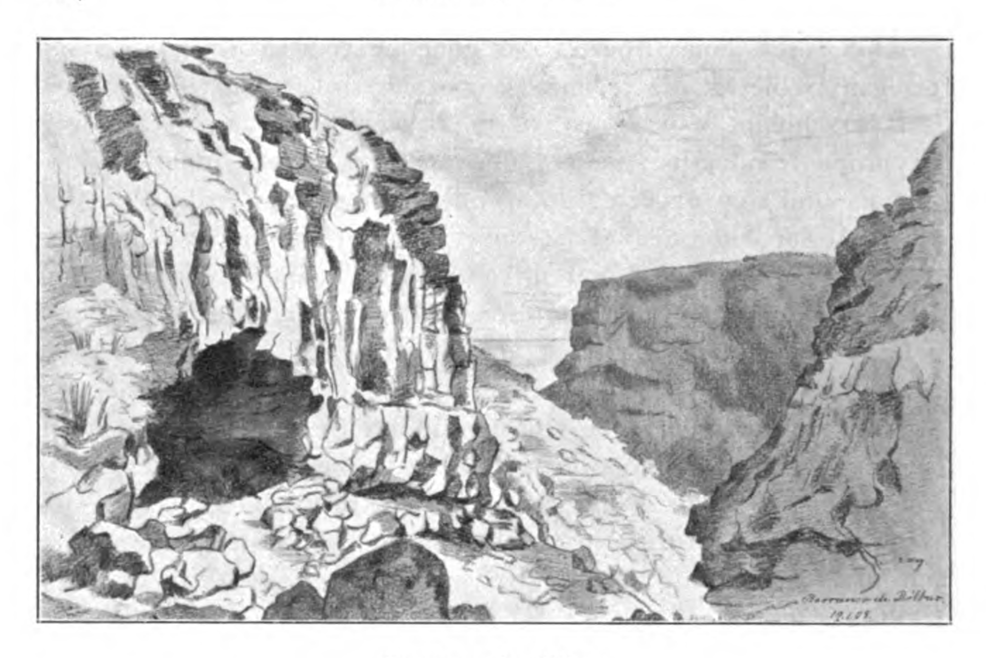
Mit dieser Szenerie kontrastiert die nackte, öde Steinfläche, auf der der Wanderer steht. Der braune, lockere, aus verwitterten Tuffen und Laven gebildete Boden ist fast ganz kahl, übersät mit unzähligen Steinen, durch roh aufgerichtete Steinmauern in rechteckige Felder abgeteilt, an deren Rändern Tabaybasträucher, Balobäumchen und Gänsedisteln wachsen. Aus der sanft aufsteigenden Ebene erhebt sich eine zerklüftete Felsenkuppe, die ich mehrfach besuchte. Sie besteht aus schwarzer, basaltischer Lava mit brauner Verwitterungsrinde, die mit grünen, gelben und weißen Krustenflechten überzogen ist, von denen Steiner auf einem kleinen Handstück von 13 cm Länge und 10 cm Breite nicht weniger als sechs Arten (Caloplaca seriophila, Rinodina alba, Acarospora lavicola, Lecanora luteola, Blastenia ferruginea f. saxicola und Candelariella vitellina) unterschied. Die Abhänge und der Gipfel der Kuppe sind mit kanarischer Wolfsmilch von Manneshöhe und mit Tabaybasträuchern bestanden, deren Wachstum durch den hier vorherrschenden nördlichen Wind beeinflußt ist. Ihre Zweige recken sich nach Süden, zuweilen in horizontaler Richtung. Auf der Höhe der Kuppe fand ich auch zahlreich den ästigen Asphodil (Asphodelus ramosus), jene Lilienpflanze, die von den Griechen als Sinnbild der Trauer auf Gräber gepflanzt und für die Speise der Toten in der Unterwelt gehalten wurde.

Wiederholt unternahm ich Ausflüge auf die soeben beschriebene Hochfläche, um kleine Tiere unter Steinen zu sammeln. Von Regenwürmern erbeutete ich hier nur ein einziges Exemplar von

Eisenia rosea, einer Spezies des gemäßigt eurasich-nordamerikanischen Gebietes, die jedenfalls vom Menschen nach den Kanaren verschleppt worden ist. Die Tausendfüßer fand ich durch Cryptops trisulcatus, Nannophilus eximius, Pachyjulus sansibastianus und den großen Skolopender Scolopendra valida vertreten. Dieser Skolopender ist außer einigen Spinnen das einzige giftige Tier auf den Kanaren. Sein Rücken ist in der vorderen Hälfte olivengrün, in der hinteren Hälfte braun. Die Fühler sind grün. Die Exemplare, die ich auf Gomera fing, haben eine Länge von 8 bis 12 cm. Das nach hinten gerichtete letzte Beinpaar, das durch bedeutendere Größe von den anderen verschieden ist, sieht wie eine gefährliche Waffe aus, stellt jedoch keine solche dar. Vielmehr dienen als Waffen die beiden kräftigen Kieferfüße am Kopf, die eine Giftdrüse umschließen. Von Spinnen sammelte ich mehrere unreife Exemplare und ein reifes Weibchen von Callilepis moebii.

Auffallend war die große Zahl der Borstenschwänze, die ich unter den Steinen der Hochfläche beobachtete. Da Verhoeff in seinen Anweisungen für das Sammeln von Borstenschwänzen bemerkt, daß diese Tiere für die Wissenschaft von sehr großem Wert sind, so schenkte ich ihnen besondere Beachtung und unternahm mehrere Exkursionen in die Umgebung San Sebastians eigens zu dem Zwecke, sie zu sammeln. Ich brachte denn auch mit Unterstützung von Jungen mehrere hundert Stück der mühsam zu fangenden Tierchen zusammen, die aber nach der Bestimmung Escherichs, des Monographen dieser Insektengruppe, alle zu einer Spezies (Ctenolepisma lineata) gehören. »Es ist möglich«, schreibt mir der genannte Forscher, »daß ein späterer Monograph diese Art in mehrere Arten zerlegen wird. Vorläufig ist dies (mir wenigstens) nicht möglich. Ich habe in meiner Monographie nur eine konstante Varietät erwähnt: v. eatonii Ridl. Unter Ihrem Material finden sich einige Exemplare, die sich dieser Form nähern. Erstaunt war ich über die großen Individuenmengen, die Sie von lineata zusammengebracht haben; demnach scheint dieses Tier überaus häufig dort zu sein.«

Ziemlich zahlreich fand ich unter den Steinen der Hochfläche auch den Schwarzkäfer Hegeter tristis, dagegen nur je ein Exemplar der Grillen Gryllus bimaculatus und G. hispanicus. Von Ameisen sammelte ich drei Arten: Tetramorium caespitum,



Barranco de Bilbao

subsp. punicum, Monomorium salomonis und Camponotus rufoglaucus subsp. feae.

Meine Ausbeute an Landschnecken auf diesem Gebiet bestand nur aus einem ausgewachsenen Exemplar von Caracollina discobolus und zwei leeren Gehäusen von Buliminus (Napaeus) bertheloti. Jene Spezies wurde bisher nur auf Gomera, diese auf Gomera und Hierro gefunden.

Endlich sei unter den Bodentieren der Hochfläche noch der Eidechse Lacerta galotti und des Gecko Tarentola delalandei gedacht, auf die ich später zurückkomme.

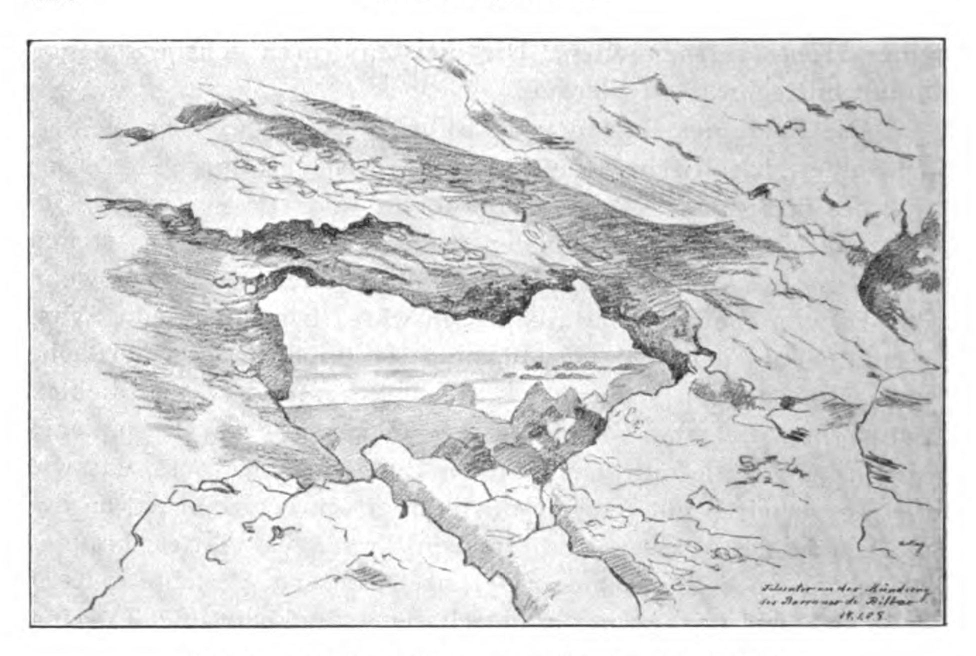
Durchquert der Wanderer die Hochfläche in nördlicher Richtung, so gelangt er in einer halben Stunde an den Rand des Barranco de Bilbao, eines engen, schluchtartigen, unbewohnten Tales, das von steilen Basaltwänden begrenzt wird, in denen zahlreiche größere und kleinere Höhlen in verschiedener Höhe über dem Talboden sichtbar sind. Diese Höhlen dienen zum Teil als Ziegenställe und sind dann durch künstliche, roh aufgeführte Steinmauern halb geschlossen, oder die Mauer ist etwas entfernt von der Höhlenmündung errichtet, so daß ein abgeschlossener Vorplatz zustande kommt. Ich beobachtete eines Abends, wie die Ziegen von den Höhen herabgetrieben wurden und sich vor

einer Höhle versammelten. Die meisten waren schwarz, einige braun mit schwarzen Flecken.

Die Sohle des Barranco de Bilbao besteht aus sehr dichter, schwarzer, basaltischer Lava, deren Oberfläche durch den Einfluß des fließenden Wassers glatt poliert und von nur wenig Geröll bedeckt ist. Der Talboden stürzt öfters in hohen, steilen Wänden ab, so daß schöne Wasserfälle entstehen würden, wenn das Tal von einem Bach durchflossen wäre. Einzelne kleine Wassertümpel auf der Sohle des Barranco fand ich an der Oberfläche von zahlreichen schwarzen Stechmückenlarven in dichten Schwärmen belebt. Gleich unseren Schnaken- (Culex pipiens) larven hängen sie mit dem hinteren Ende ihres Körpers, das wie die Körperseiten mit feinen Schwimmborsten versehen ist, an der Oberfläche des Wassers und strecken ihr langes, glattes, braunes Atemrohr nach dieser aus. Der nach abwärts gerichtete Kopf hebt sich wie das Atemrohr durch seine dunkelbraune Färbung von dem hellen, nur mit einem dunkeln Rückenstreif gezeichneten Körper deutlich ab.

Die Hänge und der Boden des Barranco de Bilbao sind mit Tabayba- und Balobäumchen dicht bestanden, letztere bilden besonders auf der Talsohle kleine Wäldchen. An den langen, nadelförmigen Blättern des Balo fand ich einige Exemplare der Schildlaus Chionaspis canariensis, die von Teneriffa, Gran Canaria, Gomera und La Palma bekannt ist, auf Gomera bisher aber nur in einem einzigen Weibchen auf Micromeria spec. gefunden worden war. Außer ihr kennt man bis jetzt nur noch zwei Schildläuse von Gomera: Aspidiotus hederae auf Adenocarpus foliolosus var. gomerae und Aspidiotus canariensis auf Chrysanthemum frutescens. Von blühenden Kräutern fielen mir nur zwei, auch bei uns häufige Ackerunkräuter auf: der Ackergauchheil (Anagallis arvensis) und der Hederich (Raphanus raphanistrum), der wegen der langen Keimfähigkeit seiner zahlreichen und sich leicht verbreitenden Samen zu unsern gemeinsten und lästigsten Unkräutern, besonders auf Getreidefeldern, gehört.

Der Barranco de Bilbao öffnet sich nach dem Meere zu in einer Bucht mit Sand- und Kiesstrand. Der Sand besteht aus schwarzen, glatten, aber meist kantigen und eckigen Lavakörnern von Stecknadelknopf- bis Erbsengröße und ist olivinreich. Der Kies ist in großen Massen aufgehäuft und viel reichlicher vorhan-



Felsentor an der Mündung des Barranco de Bilbao

den als in der Bucht von San Sebastian. Die Bucht von Bilbao wird auf beiden Seiten von steilen Felsen abgeschlossen. An der linken Seite der Talmündung erhebt sich eine Felswand, die aus abwechselnden Bänken von Laven und Tuffen besteht. Rotbraune Schlackentuffe, in die zahlreiche Höhlen eingewaschen sind, wechsellagern mit grauen und graubraunen Laven. Die graue Lava ist mit weißen, kugeligen Kalkspatinkrustationen bedeckt, an denen die Kristallflächen deutlich sichtbar sind. Eine ziemlich dichte, graubraune Lava bildet hohe, schroffe Wände und ist reichlich von Abkühlungsrissen durchsetzt, nach denen das Gestein in eckige Stücke klüftet. An der rechten Seite der Talmündung fällt eine natürliche Mauer auf, ein herausgewaschener Basaltgang, der nur in seinem unteren Teil an das Talgehänge angelehnt, in seinem oberen aber ganz frei steht.

Am südlichen Ende der Bucht erhebt sich ein rotbrauner Felsen aus grauer, feinporöser Lava, die weiße Kalkspatausscheidungen in ihren Hohlräumen erkennen läßt und eine rotbraune Verwitterungsrinde besitzt. Schlacken von derselben Farbe liegen auf dem Felsen umher, der stark mit gelben Krustenflechten der neuen Spezies Caloplaca gomerana überzogen ist. Außerdem wachsen hier Magarza (Chrysanthemum fructescens) und Gänse-

distel (Prenanthes spinosus). Der rote Felsen steht nur durch eine niedere, schmale Mauer mit der hohen Felswand der rechten Talseite in Verbindung. Die Mauer ist von einem Felsentor durchbrochen, durch das man auf den bei Ebbe weithin zugänglichen Felsenstrand gelangt. Auch hier ist die Oberfläche der Felsen mit unzähligen Seepocken (Chtamalus stellatus) bedeckt. Die Ebbetümpel sind mit den hellgrünen Fäden der Alge Enteromorpha compressa dicht bewachsen und werden von zahlreichen Seeigeln (Paracentrotus lividus), Garneelen (Palaemon squilla) und kleinen Fischen belebt. In den Löchern und Spalten des Gesteins wuchern rötlichblaue Synascidien (Cystodites dellechiajei) und verschiedenfarbige Schwämme (Aplysina aerophoba, Suberites spec., Chalina spec.). In den strandwärts vom Felsentor gelegenen Tümpeln sah ich an der Oberfläche des Wassers Schwärme von Milben, deren eiförmiger Körper mit kleinen Borsten besetzt war, die sich noch zahlreicher an den verhältnismäßig langen Beinen vorfanden. Diese marinen Milben stellen in tiergeographischer Hinsicht einen gewissen Gegensatz zu den Flohkrebsen dar; während diese auf der Wanderung vom Meer zum Festland begriffen sind, wandern jene umgekehrt vom Festland ins Meer.

Von der Mündung des Barranco de Bilbao aus führt ein schmaler, horizontaler Pfad längs der steilen Felsenküste in deren halber Höhe nach Norden. Auf seiner einen Seite steigen die Felsen senkrecht empor, auf seiner anderen fallen sie ebenso senkrecht nach dem Meere ab. Das Gestein der Felswand zur Seite des Weges zeigt alle möglichen Farben, indem weiße, graue, braune und rotbraune Tuffbänke und blaugraue Basaltbänke mit einander abwechseln. Die Tuffe sind vielfach mit weißen Kalkspatgängen durchzogen.

Ich sammelte die verschiedenen Arten der Tuffe und Laven und notierte ihre Übereinanderlagerung. Herr Professor Paulcke untersuchte die gesammelten Stücke und gab mir kurze Charakteristiken, die ich hier in der Reihenfolge mitteile, in der die Gesteine angeordnet sind, wenn man den Pfad zum Ausgangspunkt nimmt: 1. Ein stark kaolinisiertes, weißes Gestein, wahrscheinlich stark zersetzte Lava. In die Bänke dieses Gesteins sind tiefe, flache Höhlungen eingewaschen, die den Eindruck machen, als ob sie durch die Wirkung der Meeresbrandung entstanden wären,

so daß sie vielleicht auf eine Hebung der Insel hindeuten. 2. Ein grauer, feinkörniger Aschentuff. 3. Ein dichter, grauer Tuff aus feinen Aschen mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken. 4. Ein grober, dunkelgrauer Tuff mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken und gröberen Einschlüssen poröser, rotbraun verwitterter Schlacken. 5. Ein rotbrauner Tuff mit weißen Flecken eines kaolinisierten Minerals. 6. Ein dunkelrotbrauner Tuff mit bläulichweißen Kalkspatausscheidungen auf den Hohlräumen. 7. Eine dichte, graue, basaltische Lava mit plattenförmiger Absonderung.

An einer Stelle ist der Pfad durch eine abgestürzte Trümmermasse verschüttet, und alle Arten von Tuffen und Laven liegen hier in wildem Chaos durcheinander. Ich sammelte durch Abschlagen von den Blöcken folgende Stücke: 1. Einen braunen Schlackentuff mit weißen Kalkspatausscheidungen in den Hohlräumen. 2. Einen zersetzten Bimssteintuff. 3. Einen gelbbraunen Tuff mit amorphen, kugeligen Kalkspataggregaten ohne sichtbare Kristallflächen. 4. Einen braunen Tuff mit weißen Kalkspatausscheidungen, deren Kristallflächen deutlich sichtbar sind, auf Spalten. 5. Eine rotbraun verwitterte Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen.

Der Felsenpfad längs der Küste endigt nach einiger Zeit blind; der dem Verkehr dienende Maultierpfad führt weiter talaufwärts aus dem Barranco de Bilbao hinaus. Er steigt an dessen nördlichem Hange steil in die Höhe und läßt stellenweise einen zersetzten, weißen, bimssteinhaltigen Tuff zutage treten, der bei näherer Betrachtung helle Kalkspatinkrustationen aufweist. Weiterhin führt er über eine ebene, mit Steinen bedeckte und mit kanarischer Wolfsmilch bestandene Fläche und senkt sich dann steil in den Barranco del Balo hinab. Auf dem Abhang an der Südseite dieses Tales findet sich Geröll aus rotbraunen, stark porösen Schlacken mit deutlich teigartig verkneteter Oberfläche. Eines der von mir mitgebrachten Stücke läßt den Fluß der Lava sehr schön erkennen. Zwischen dem Geröll sammelte ich von blühenden Kräutern den Ackergauchheil (Anagallis arvensis subsp. coerulea), die Feldringelblume (Calendula arvensis) und eine Asphodilspezies (Asphodelus fistulosus), die hier in außerordentlich großer Zahl die Talhänge bedeckte. Überragt wurden diese Kräuter wieder von Tabayba- und Balosträuchern, von

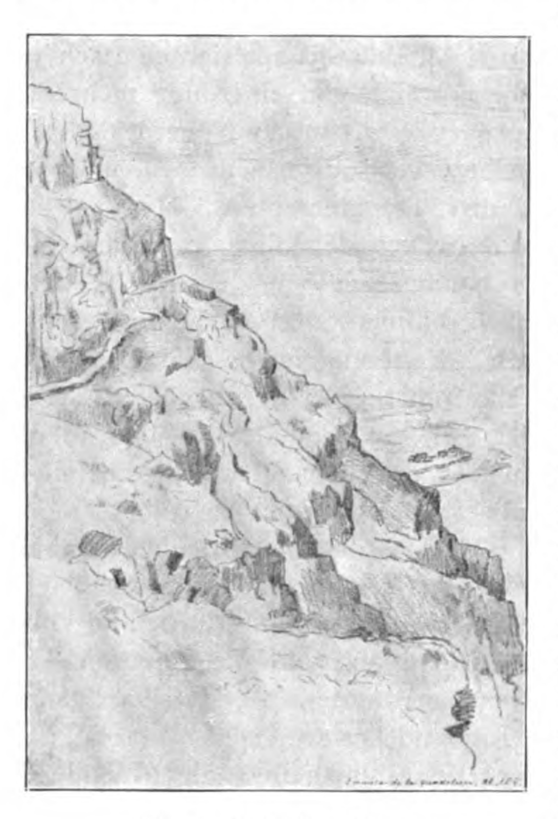
denen die letzteren dem Barranco den Namen gegeben haben. Der Talboden war so dicht mit diesen Pflanzen bedeckt, daß er einen hübschen grünen Anblick gewährte. Unter den Steinen des Talbodens fand ich die Schnecken Caracollina discobolus und Ericia laevigata, zwei Exemplare des Skolopenders Scolopendra valida und einen Laufkäfer der Gattung Zabrus.

Am Ausgang des Barranco del Balo breitet sich eine schöne Bucht mit Kiesstrand aus, die nördlich von einer mit mehreren Spitzen gekrönten Klippe begrenzt wird. In der Nähe des Strandes liegt ein kleines Landgut, bestehend aus einem weißen Haus, einer kleinen Steinhütte und drei Tomatenfeldern. Das Tal ist also im Gegensatz zu dem Barranco de Bilbao bewohnt. In seinem oberen Teil wird es durch einen sich vorschiebenden Rücken gespalten. Über dem nördlichen Talhang ragt eine lange, senkrechte Mauer, ein bloßgelegter Basaltgang, in die Höhe, zu dem ein steiler, steiniger Pfad hinaufführt. Auf der höchsten Stelle steht eine Steinhütte, vor der sich ein runder, von einer rohen Mauer umgebener Platz befindet, auf dem sich wahrscheinlich Wallfahrer versammeln, um die Predigt zu hören. In der Umgebung dieses Platzes wächst zahlreich die blattlose Wolfsmilch (Euphorbia aphylla), ein niedriger, reich verästelter Strauch mit 6—8 cm langen, stielrunden, bleistiftdicken, blaugrünen und vollständig blattlosen Astgliedern, der ganz auf die Kanaren beschränkt ist und seine nächsten Verwandten in Ostafrika, Madagaskar, Südarabien und dem Kapland besitzt.

Von dem Platz vor der Hütte aus genießt der Wanderer nach Osten einen herrlichen Blick auf das Meer und Teneriffa. Nach Süden überschaut er die ganze Küstenlinie Gomeras bis zur Punta de San Cristobal mit dem Leuchtturm, und nach Norden blickt er über die wellige Steinfläche auf die steilen Klippen oberhalb der Ermita de la Guadelupe, die tief unten auf einer vorspringenden Landzunge zu erkennen ist.

Von der Höhe führt der Pfad zunächst abwärts an einer engen Schlucht vorbei und dann ziemlich horinzontal längs der Küste, aber immer in beträchtlicher Höhe über dem Meer. In der Felswand zu seiten des Pfades bemerkte ich einen blutroten Tuff mit braunen Schlackeneinschlüssen, einen augitführenden, braunen, dichten Tuff, eine graue, basaltische Lava und ein weißes, kaolinisiertes Gestein. Auch hier finden sich merkwürdige Aus-

waschungen in den Tuffbänken, die möglicherweise von der Brandung erzeugt wurden und Anzeichen einer Hebung darstellen. Zuletzt führt der Pfad, nachdem man eine Holztür passiert hat, steil abwärts zu der Ermita de la Guadelupe. In den braunen und rotbraunen Schlackentuffen des Abhanges fand ich kleine Schneckenschalen eingebacken, die ebenfalls auf eine Hebung schließen lassen.



Ermita de la Guadelupe

Die Ermita de la Guadelupe besteht aus einer weißen Kapelle mit rotem Ziegeldach und mehreren, aus rohen Steinen aufgebauten, dachlosen Räumen, in denen die Wallfahrer Unterkunft finden. Der freie Platz vor der Kapelle ist durch eine Mauer abgeschlossen, die mit einem Kreuz geschmückt ist und fast von der Brandung bespült wird. In geringer Höhe über der Ermita befindet sich eine überdeckte Zisterne mit einem Filter. In dem kleinen Tümpel vor dem Filter wimmelte es von Schnakenlarven. Die Gesteinstrümmer bei der Ermita waren mit dicken Krusten von Kalksinter überzogen.

Die breite Landzunge, auf der sich die Ermita erhebt, ist im Süden felsig und stürzt hier steil zum Meere ab, während sie im Norden einen weithin ausgebreiteten Sand- und Kiesstrand darstellt. Mit dem vorherrschenden Grau der Sandfläche kontrastiert das hier merkwürdig lebhafte Grün der höheren Hänge, deren dichtstehende Tabaybabäumchen die kriechende, auf Windwirkung beruhende Form besitzen. Der steile Abfall der Landzunge gegen Süden besteht aus regellos dem Boden entragenden Blöcken einer dichten, schwärzlichen, einschlußreichen Lava. In

seinem unteren Teil, wo er in den Blockstrand übergeht, treten mehrfach eine hellere, basaltische Lava und ein ziegelroter Tuff zutage. Zwischen den Blöcken, die vielfach mit gelben Flechten überzogen sind, wächst das seltsame Doppelblatt (Zygophyllum fontanesii), eine im nördlichen und östlichen Afrika verbreitete Staude mit einpaarigen, dicken, bohnenartigen Blättchen.

Die sandige Fläche der Landzunge ist mit zahllosen Büschen der Gänsedistel (Prenanthes spinosus) bedeckt, zwischen denen Magarza (Chrysanthemum fructescens), Doppelblatt (Zygophyllum fontanesii) und Strandwolfsmilch (Euphorbia paralias) sich angesiedelt haben. Auf dem Sand liegen zahllose, sehr große, hochgewölbte, gelblich- oder weißgebleichte Napfschneckenschalen, mit denen der Boden an manchen Stellen wie gepflastert erscheint, ferner große, gebleichte Purpurschneckenschalen und zahllose weißgebleichte Schnirkelschneckengehäuse. An einer Stelle des Sandstrandes fand ich unter einem Gänsedistelbusch zahlreiche Schalen der Entenmuschel (Lepas anatifera) angehäuft, die meisten in die einzelnen Teilstücke zerfallen, manche aber noch zusammenhängend und mit dem vertrockneten Tier darin, darunter auch kleine Kolonien, indem ein Tier auf dem anderen angeheftet war. Unter einem Stein des Sandstrandes erbeutete ich einen Skolopender (Scolopendra valida).

Die Sandfläche geht im nördlichen Teil der Landzunge in Kiesstrand über. Hier fand ich weiter nichts, als einen angeschwemmten Hornschwamm. Um so reicher war das Tierleben auf dem Felsenstrand, der bei Ebbe weithin gangbar ist. In den Tümpeln wimmelte es von Seerosen der Spezies Priapus equinus und Anemonia sulcata. Von jener sammelte ich 37, von dieser 46 Exemplare, doch hätte ich leicht hunderte zusammenbringen können. Wie die an anderen Fundorten auf Gomera erbeuteten Exemplare von Priapus equinus zeigen auch die bei der Ermita de la Guadelupe gesammelten nach Pax keinerlei Abweichungen von der typischen Mittelmeerform. Die 46 Exemplare von Anemonia sulcata, die in vierprozentigem Formaldehyd ihre grüne Körperfarbe und die violette Färbung der Tentakelspitzen bewahrt haben, gehören ebenfalls alle der forma typica an, bleiben aber ausnahmslos hinter der Durchschnittsgröße erheblich zurück. Die forma typica lebt sonst in einer Tiefe von mehreren Metern, findet sich aber auf Gomera in den Tümpeln des Felsen-

strandes und wird hier in bezug auf die Größenverhältnisse der Strandform von Anemonia sulcata, d. h. der forma rustica ähnlich. Diese auffällige Abnahme der Größe in geringer Wassertiefe hängt nach Pax zweifellos mit den Ernährungsverhältnissen auf das innigste zusammen. Anemonia sulcata war bisher im Gebiete der nordwestafrikanischen Inseln nur von Madeira mit Sicherheit bekannt; möglicherweise hat jedoch Greef ihr Vorkommen auf den Kanaren bereits festgestellt. »Von Aktinien«, schreibt er in seinem Reisebericht, »war auf Lanzarote eine grün- und violettgefärbte Form mit nicht zurückziehbaren Tentakeln (Anthea) die bei weitem vorherrschende.«

Neben den Seerosen waren in den Tümpeln des Felsenstrandes bei der Ermita de la Guadelupe violette und grüne Seeigel der Spezies Paracentrotus lividus außerordentlich häufig. Vereinzelt fand ich ein prachtvolles blauschwarzes Diadema mit riesigen Stacheln. Einsiedlerkrebse (Pagurus spec.) spazierten besonders in Olivagehäusen zahlreich umher. Noch mehr interessierte mich aber der Seehase (Aplysia ocellata), eine große Nacktschnecke, von den Spaniern Coño del mar genannt, die ich hier zum erstenmal lebend sah und in drei Exemplaren erbeutete. Mit ihren lappenförmigen Vorder- und ohrförmigen Hinterfühlern, den großen, über den Rücken heraufgeschlagenen Seitenlappen des Fußes und den schwarzen Ringen auf der grauen, runzligen Haut gewährt dieses Tier einen eigentümlichen Anblick. Äußerlich erscheint es nackt, doch liegt unter der Haut des Rückens eine längliche, gewölbte, biegsame und durchscheinende Schale. Wenn die Schnecke beunruhigt wird, so entleert sie aus den Drüsen am Mantelrand einen Purpursaft, der das Wasser und die Konservierungsflüssigkeit rötet.

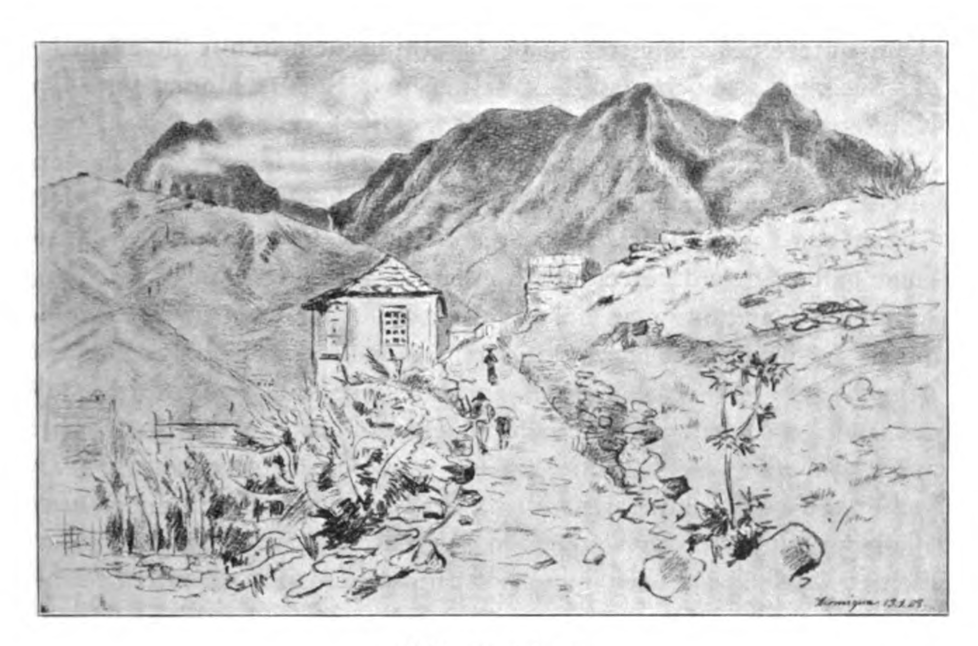
Zwischen den Algen der Tümpel erbeutete ich den fleischfarbigen Borstenwurm Eurythoë complanata und einen Röhrenwurm, dessen häutige Röhre dicht mit Muschel- und Schneckenschalenstückchen besetzt war. Die in den Tümpeln frei umherliegenden Steine waren mit kalkigen Wurmröhren und Kalkalgen überzogen. Von letzteren sammelte ich die glatten, rosa und weißgefärbten Krusten von Lithothamnium bisporum und die papillösen, weißen Krusten von Lithothamnium canariense. In den Höhlungen des Felsstrandes wucherten Schwämme der Gattungen Chondrosia und Reniera.

Ganz besonders reich erwies sich die Fauna unter den großen, platten Steinen, die den Ebbestrand bedeckten. Da wimmelte es von den kleinen, braunen Porzellankrabben (Porcellana platycheles), die durch ihre großen, am äußern Rand lang behaarten Scheeren auffallen und wahrscheinlich an den Küsten aller kanarischen Inseln vorkommen. Auch huschten ab und zu größere Krabben (Liolophus planissimus und Xantho rivulosus) beim Aufheben der Steinplatten davon. Von Stachelhäutern waren der Schlangenstern Ophiura laevis, der Seestern Asterias tenuispina und eine Seegurke vertreten. Die zwei Exemplare von Asterias tenuispina, die ich erhielt, zeigen in bezug auf die Zahl, Anordnung und verhältnismäßige Länge der Arme eine verschiedene Ausbildung. Das eine hat vier lange und vier kurze Arme, von denen die kurzen neben einander entspringen und eine Gruppe für sich bilden. Das andere hat acht ziemlich gleich lange Arme und einen neunten kürzeren Arm, der aus der Seite eines der längeren Arme nahe an dessen Basis entspringt. Ich fand unter den Steinplatten auch eine Seescheide, nach Hartmeyer eine typische Phallusia, die zur nordwesteuropäisch-mediterranen depressa-Gruppe gehört und innerhalb dieser Gruppe vielleicht eine neue Art darstellt, was aber noch näherer Untersuchung bedarf. Eine kleine, mit einem Byssus festsitzende Muschel und mehrere stark korrodierte Napfschneckenschalen mit je einem großen Seepockengehäuse darauf vervollständigen die von mir unter den Steinplatten gemachten Sammlungen.

Am Strande angeschwemmt fand ich endlich noch eine große, mit stark korrodierten Wurmröhren überzogene Tritoniumschale, eine kleine, mit Spirorbisröhren bedeckte Haliotisschale, mehrere ausgehöhlte und der Stacheln beraubte Seeigelschalen und einen Sepiaschulp.

Diese Sammlungen waren das Ergebnis von drei Exkursionen, die ich nach der Ermita de la Guadelupe unternahm. Auf der zweiten, die ich am 26. Januar 1907 in Begleitung meiner Schwester machte, verweilten wir zu lange bei der Ermita und wurden auf dem Rückweg im Barranco del Balo von der Dunkelheit überrascht. Es war eine stockfinstere Nacht und regnete etwas. Mühsam tasteten wir uns am südlichen Abhang des Barranco hinauf, verloren öfters den Pfad, fanden ihn aber stets wieder. Ich hatte auf dem Hinweg einen Sack mit Steinen unter

einen Wolfsmilchstrauch gelegt, um ihn auf dem Rückweg mitzunehmen; als ich jetzt danach suchte, fiel ich infolge der Schwere meines Rucksackes auf einen spitzen Stein und schlug mir in den Ballen der rechten Hand eine tiefe Wunde, so daß das Blut in Strömen floß. Nachdem wir die Hand mit dem Taschentuch verbunden hatten, setzten wir unseren Weg fort, mußten aber beim Abstieg in den Barranco de Bilbao davon absehen, weiter zu wandern. Nirgends erreichte ich mit meinem langen Wanderstabe Grund, und wir konnten weder vor- noch rückwärts. Wir lagerten uns daher am Fuße einer Felswand, wo wir einigermaßen geschützt waren und blieben hier mehrere Stunden. Leider hatten wir weder Mäntel noch Mundvorrat. Es war so stockfinster, daß wir nicht einmal die Uhr ablesen konnten. Die nächtliche Stille wurde nur durch das Zirpen der Grillen unterbrochen. Ich dachte an jene beiden schrecklichen Nächte, die ich zehn Jahre früher ohne jeden Schutz vor Nässe und Kälte, einsam und verirrt auf den norwegischen Fjelden zugebracht hatte, denen gegenüber das jetzige Abenteuer harmlos war. Als in der zweiten Nachthälfte das abnehmende Mondviertel am Himmel erschien, wurde es etwas heller, und wir fanden den Abstieg auf den Talboden. Hier aber verloren wir uns in der Dunkelheit, keiner wußte mehr, wo der andere war, und jeder mußte sich selbständig den Weg nach San Sebastian suchen. Ich kam als erster zu Hause an, meine Schwester eine Viertelstunde später. Wir konnten uns gratulieren, wieder unter Dach und Fach zu sein, denn gleich nach unserer Ankunft ging ein wolkenbruchartiger Regen nieder. Nachdem wir unseren Hunger mit einer Tasse Kakao gestillt hatten, begaben wir uns gegen fünf Uhr mit dem wonnigen Gefühl zu Bett, den harten Felsen mit dem weichen Strohsack vertauschen zu können.



Valle Hermigua

Fünftes Kapitel

Eine Bootfahrt nach Hermigua

Ich war erst vier Tage in San Sebastian, als ich es bereits für eine Woche verließ. Mein Landsmann und ein spanischer Händler hatten die Absicht, die Insel zu bereisen, und ich wollte mich ihnen anschließen, um einen vorläufigen Überblick über das Land zu gewinnen. Wir planten, zunächst auf dem Seewege längs der Küste nach Hermigua im Nordosten der Insel zu fahren und mieteten zu diesem Zweck ein großes Boot und sieben Fischer als Ruderer. Die Vorbereitungen und Verhandlungen mit den Leuten zogen sich so lange hin, daß wir erst gegen elf Uhr den Hafen von San Sebastian verließen. Anfangs hatten wir eine recht ruhige Fahrt, und ich konnte in Muße die hohen, steilen Basaltfelsen der Küste mit ihren tiefen Grotten betrachten. Bald aber wurde die See sehr stark bewegt, und das Boot tanzte in dem einen Augenblick auf der Höhe eines Wellenberges, um in dem anderen in die tiefste Tiefe eines Wellentales hinabzustürzen. Ich lag furchtbar seekrank auf dem Boden des Kahnes und mußte meine Ab-

sicht, unterwegs Plankton zu fischen, aufgeben. Schließlich wurde der Seegang so hoch, daß die Wellen über Bord schlugen und die Kaufleute für ihr Gepäck fürchteten. Die Fischer erklärten, uns nicht bis Hermigua rudern zu können, und setzten uns in der Bucht von San Lorenzo, einer öden, unbewohnten Stelle der Küste, ans Land. Von dort aus sollten wir Hermigua zu Fuß in einer halben Stunde erreichen können.

Die Landung war halsbrecherisch. Das Boot wurde dicht an die felsige Küste herangerudert, und nun kam es darauf an, in dem Augenblick, in dem es hoch oben auf der Welle tanzte, an das Land zu springen, denn im nächsten Moment hatte es die zurückgehende Welle schon wieder weit vom Ufer entfernt. Wir kamen aber alle mit Hilfe der Ruderer glücklich hinüber, und auch das Gepäck war nach einiger Zeit unbeschädigt auf der kleinen Mole der Lorenzobucht aufgestapelt. Die Fischer verließen uns und ruderten nach San Sebastian zurück, und wir konnten nun sehen, wie wir allein nach Hermigua gelangten. Es wurde beschlossen, daß ich zur Bewachung des Gepäckes zurückbliebe, bis die beiden Kaufleute in Hermigua Unterkunft gefunden und Maultiere zum Transport unserer Sachen herbeigeholt hätten. Meine Begleiter stiegen einen steinigen Pfad in die Höhe und waren bald meinen Blicken entschwunden.

Ich vertrieb mir die Zeit damit, die Felsen am Strand nach Tieren abzusuchen und sammelte Napfschnecken (Patella guttata), Strandschnecken (Litorina canariensis und L. affinis), Kreiselschnecken (Trochus saulcyi) und Seepocken (Chtamalus stellatus) als erste zoologische Trophäen Gomeras, wurde dabei aber von Kopf bis zu Füßen von der Brandung übergossen. Sodann bemühte ich mich, den steinigen Boden oberhalb der Mole aufzukratzen, um nach kleinem Getier zu suchen, erbeutete aber nach halbstündiger Arbeit nur einen einzigen Tausendfuß (Geophilus spec.), der mir glücklich wieder entwischte, als ich ihn in das Spiritusglas befördern wollte. So verflossen mehrere Stunden, ohne daß einer der Kaufleute zurückgekommen wäre. Gegen fünf Uhr abends kam endlich ein mir unbekannter Mann den Abhang herab und brachte mir folgende Karte meines Landsmannes: »Entschuldigen Sie bitte, wenn ich nicht wieder zurückkomme, da es anderthalb Stunde Weg ist und ich hier noch nicht weiß, wo wir Unterkommen finden. Fonda gibt es nicht. Der Weg ist

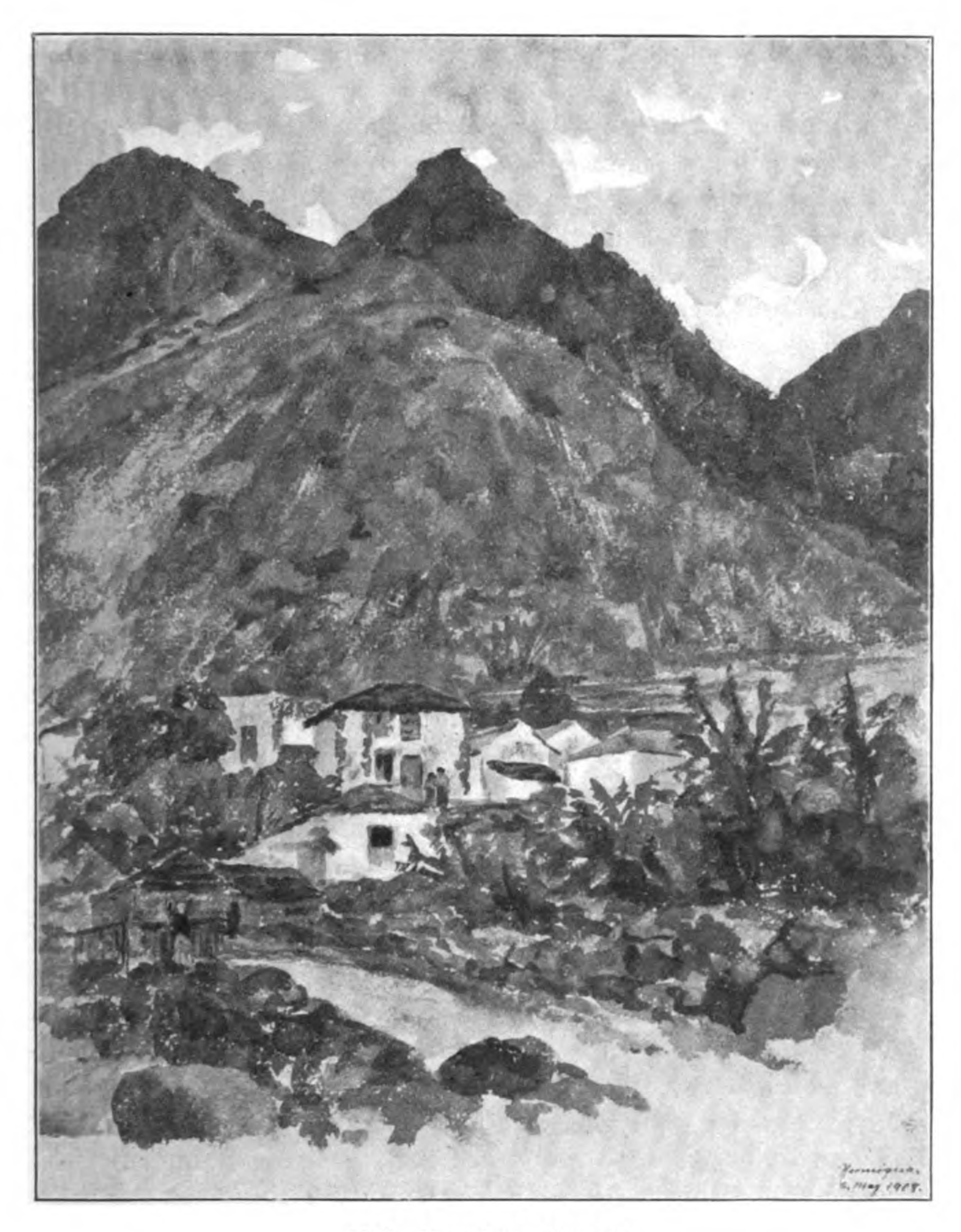
schlecht, aber nicht gefährlich.« Nach einer weiteren Stunde erschienen, als es bereits dämmerte, mehrere Männer und Jungen mit zwei Eseln und übergaben mir eine zweite Karte des Kaufmannes, auf der er mir schrieb: »Wir finden nicht genug Tiere heute. Bitte, sehen Sie, daß meine zwei Holzkisten, Ihre Sachen und die kleinen Sachen von mir auf den zwei Eseln verladen werden.«

Die Männer beluden die Esel, und die Kavalkade setzte sich bei Laternenschein in Bewegung. Der Weg führte bergauf und bergab durch steinige Gebirgswüsten. Nach etwa anderthalb Stunden erreichten wir die Höhe über Hermigua, von der aus wir die Lichter des Ortes erblickten. Hier erhob sich plötzlich ein orkanartiger Sturm, der mir den Sand ins Gesicht blies. Die Laterne erlöschte, und alle Versuche, sie wieder anzuzünden, waren zunächst vergeblich. Ich lernte bei dieser Gelegenheit die eigentümliche Pfeifensprache kennen, die sich bei den Gomeros seit Jahrhunderten herausgebildet hat und vermöge deren sie sich auf weite Entfernungen hin zu verständigen vermögen, was bei der zerrissenen Oberflächenbeschaffenheit ihres Landes sehr zweckdienlich ist. Die Leute setzten die Finger an den Mund und pfiffen, worauf sie aus der Tiefe des Tales in gleicher Weise Antwort erhielten. Ehe jedoch die ersehnte Hilfe kam, hatten wir nach einer halben Stunde des Wartens auf der stürmischen Höhe die Laterne wieder anzuzünden vermocht und konnten den Abstieg in das Tal wagen, der um so beschwerlicher war, als es angefangen hatte, in Strömen zu regnen. Unterwegs begegneten wir den Männern, die durch das Pfeifen herbeigerufen worden waren, und in Begleitung von wenigstens sieben oder acht Personen langte ich glücklich in Hermigua an, wo ich in einer kleinen Tienda mit den beiden Kaufleuten wieder zusammentraf. Wir erhielten Nachtquartier in dem Hause des Don Fernando am Ausgang des Tales, mußten uns aber zu drei mit einem einzigen Zimmer begnügen, dessen Luft dadurch nicht verbessert wurde, daß der spanische Kaufmann jeden Abend im Bett seine Zigaretten rauchte.

Am nächsten Tage zog ich, mit Rucksack und Sammeltasche viel zu schwer beladen, das Tal hinauf. Dieses ist viel anmutiger und fruchtbarer als die Gegend von San Sebastian, und besonders fallen die zahlreichen Bananenfelder auf, die sich

am Bach hinziehen. Die Bananenkultur spielt auf den kanarischen Inseln seit dem 16. Jahrhundert, wo die Banane mit Sklaven für die Zuckerrohrpflanzungen von der Guineaküste nach Gran Canaria gebracht wurde, eine große Rolle. Der Wert der Ausfuhr betrug im Jahre 1906 8 666 160 Mark. Die Pflanzungen werden auf bewässerten Lavafeldern angelegt, von denen man die Blöcke entfernt hat. Die Felder sind durch niedere Dämme in Vierecke geteilt, die alle vierzehn Tage mit Wasser gefüllt werden. Die kultivierten Bananen tragen niemals Samen. Die Vermehrung erfolgt auf vegetativem Weg, indem entweder die jungen Schößlinge gepflanzt werden, die am Grunde des Haupttriebes hervorsprossen, oder die Strünke, die nach dem Kappen übrig bleiben. Sie blühen nach 12 bis 18 Monaten. Jede Fruchttraube besteht aus 7 bis 14 Querreihen von Früchten, sogenannten »Händen«, und der Verkauf erfolgt nach der Anzahl der Hände. Eine Traube von 12 Händen kostet 5, eine solche von 7 Händen 1 Franken. Das Gewicht einer Traube beträgt 25—60 Kilo. Die Ernte währt das ganze Jahr hindurch, die Hauptzeit fällt in die Monate Juni bis August. Auf die Verpackung der Trauben wird die größte Sorgfalt verwendet. Watte, Papier, französisches Weizenstroh, trockene Bananenblätter und ein Lattenverschlag aus schwedischem Fichtenholz bilden die verschiedenen Umhüllungen, mit denen jede Traube versehen wird.

An den Ufern des Baches, der die Bananenfelder von Hermigua durchfließt, wollte ich sammeln. Ich hoffte ein einsames Plätzchen zu finden, aber in dieser Hoffnung wurde ich getäuscht. Die Häuser ziehen sich das ganze Tal hinauf, und ich kam überhaupt nicht aus dem Orte hinaus. Auf dem Wege begegnete ich auf Schritt und Tritt Leuten, und die Neugier, besonders der Kinder, war ganz unerträglich. Als ich anfing, die Steine am Bach umzuwenden, war ich bald von so vielen Kindern umringt, daß ich meine Tasche wieder zuschnallte und weiter talaufwärts zog. Ich suchte mir jetzt einen Platz, der etwas abseits vom Wege lag und wo der Bach von diesem aus nicht zu sehen war, da er durch eine enge Schlucht floß. Aber bald hörte ich Stimmen über mir von den Bergen und sah, wie die Leute mir aus der Vogelperspektive zuschauten. Nachdem ich allerlei kleines Getier in meine Gläser gesteckt hatte, kochte ich mir als Mittagsmahl eine Erbsensuppe, wobei ich von einer Frau unab-



Valle Hermigua, Gomera

lässig beobachtet wurde, aber als ich mitten in dieser Beschäftigung war, ging ein wolkenbruchartiger Regen nieder, der in den Suppentopf nur so hineinprasselte und mich zu schleuniger Rückkehr zwang.

Am nächsten Tag konservierte ich an dem kleinen Nachttischchen, das mir als Präparier- und Schreibtisch diente und an dem ich abends bei flackerndem Stearinlicht mein Tagebuch schrieb, die gesammelten Tiere. Die Ausbeute war nicht gerade groß. Unter den Steinen am Ufer des Baches hatte ich zwei peregrine, gemäßigt eurasisch-nordamerikanische Formen von Regenwürmern (Eiseniella tetraedra und Helodrilus caliginosus), die Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis, die Tausendfüßer Pachymerium ferrugineum und Brachydesmus proximus, die Spinnen Zoropsis rufipes und Tarentula mayi — eine Spezies, die Herr Dr. Strand mir zu Ehren genannt hat — den Ohrwurm, Anisolabis annulipes und die Grillen Gryllus bimaculatus, G. brunneri, G. hispanicus und Gryllotalpa africana gefunden, unter den Steinen im Bach und im Bachschlamm den Strudelwurm Planaria gonocephala, Mit Ausnahme des letzteren und der Asseln erhielt ich von jeder Art nur wenige Exemplare.

Nach Bergung dieser Schätze bereicherte ich im Bananengarten der kleinen Tienda, in der ich zu Mittag speiste, meine Sammlungen. Ich fand dort unter Steinen die neue Tausendfußspezies Pachyjulus tiendarius, deren Name die Tienda Hermiguas verewigt, eine Spinne der Gattung Thanatus, einen Borstenschwanz der Gattung Ctenolepisma, den Ohrwurm Anisolabis annulipes, die Grille Gryllus hispanicus und einige Exemplare der Schnirkelschnecke Caracollina lenticula. Der Inhaber der Tienda brachte mir ein stark abgeflogenes Exemplar eines Windigschwärmers (Sphinx convolvuli), das er in einem Einmachglase gefangen hatte. Dieser Schmetterling war bisher aus dem kanarischen Gebiet nur von Teneriffa und La Palma bekannt. Simony traf ihn im September 1888 häufig im botanischen Garten von Orotava auf Teneriffa, wo er in den ersten Abendstunden massenhaft auf blühenden Winden schwärmte, sowie am 2. September 1889 im Hausgarten eines Landmannes bei Fuencaliente auf La La Palma in 650 m Seehöhe.

Es war jetzt wieder schönes Wetter, das auch am folgenden Tag, Sonntag, den 1. Dezember, noch anhielt. Ich ging hinunter

an den Strand, wo die Brandungswellen prachtvoll rollten, und wollte sehen, ob dort Seetiere angespült seien, fand aber nur zwei vertrocknete Segelquallen (Velella spec.). Ich drehte daher die großen Steine, die auf dem Sande des Strandes lagen, um, und fand hier besonders eine sehr große Anzahl der Assel Tylos latreillei, die zusammengerollt in Löchern des Sandes lagen. Meine weitere Ausbeute bestand in einigen Exemplaren des Flohkrebses Talitrus saltator, einem unreifen Exemplar einer zur Gattung Thanatus gehörigen Spinnenspezies, zwei kleinen Tausendfüssern, zwei Männchen der Heuschrecke Epacromia thalassina, einem Weibchen der Heuschrecke Acrotylus insubricus, ziemlich vielen Exemplaren des Schwarzkäfers Hegeter tristis und 13 kleinen Nacktschnecken, von denen 5 der Spezies Amalia gagates und 8 der Spezies Agriolimax laevis angehörten.

Ich muß nun von einer Exkursion berichten, die eines gewissen komischen Beigeschmacks nicht entbehrt. Ich hatte in Bolles Gomeraschilderung von den großen Höhlen gelesen, die sich auf der Insel befinden sollten, von der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa, in die sich die Einwohner während der Barbaresken-Invasionen flüchteten, von dem seine Gallerien in scheinbar endlose Finsternis hineinerstreckenden natürlichen Souterrain bei Santiago, das früher als Magazin für die zu verschiffenden Weizenvoräte diente, von der Höhle von Chenorepin in der Jurisdiktion Agulo, von der Cueva del Sobrado im Hermiguatale und der Cueva Encantada im Valle Hermoso, deren Ende noch niemand hatte finden können. Es schien mir nicht unmöglich, in diesen Höhlen typische Dunkeltiere, wie blinde Insekten, Krebse und Fische zu finden. Ich hatte davon mit dem Schullehrer in San Sebastian gesprochen, und seitdem war, wie mir einer der Offiziere später erzählte, unter der Bevölkerung das Gerücht verbreitet, ich sei nach Gomera gekommen, um blinde Fische zu sammeln, weshalb mich die Leute wohl für nicht ganz gescheit hielten.

In der von Bolle erwähnten Cueva del Sobrado bei Hermigua wollte ich meine Forschungen beginnen. Ich erkundigte mich nach der Lage der Höhle, und man zeigte mir vom Boden des Tales aus eine etwa 300 m hoch am linken Talhang gelegene Öffnung. Um zu ihr zu gelangen, war ein Führer nötig, und ich bestellte diesen auf Montag, den 2. Dezember. Wir stie-

gen einen ungeheuer steilen und beschwerlichen, stellenweise gefährlichen Ziegenpfad hinauf und erreichten nach zwei Stunden die Hochfläche über dem Tal. Diese war mit lehmigem Ackerboden bedeckt, der pfundweise an den Stiefeln hängen blieb. Von Pflanzen fielen mir die zahlreichen Wedel des Adlerfarn (Pteris aquilina) auf. Er wird von den Spaniern Helecho genannt und ist auf den kanarischen Inseln sehr verbreitet, besonders in der Bergregion. Er meidet tiefen Waldesschatten, findet sich aber um so häufiger, wo der Forst gelichtet ist und kommt als herrschendes Gewächs besonders da vor, wo Ackerbau getrieben und dann wieder aufgegeben wurde, was auf der Hochfläche über dem Hermiguatale der Fall zu sein schien. Die Wurzelstöcke des Adlerfarn sind reich an Stärkemehl und werden auf Gomera gedörrt und zu einem Mehl gemahlen, das ein schwarzes, schweres Brot von leicht bitterlichem Geschmack liefert, das von der ärmeren Bevölkerung gegessen wird. Schon der Chronist Azurara redet in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts von »Binsenwurzeln« als Hauptnahrung der Gomeryten.

Von der Hochfläche mußten wir wieder eine Strecke an der Felswand abwärts steigen, um zu der Cueva del Sobrado zu gelangen. Ich sah eine hohe, aber flache Höhlung im Felsen und glaubte, daß in ihr irgendwo der Eingang unter die Erde sein müsse. In der Tat bemerkte ich an der einen Seite der Wölbung eine mit Gesträuch verwachsene Spalte, die in das Erdinnere hineinzuführen schien. Ich zündete meine Azetylenlampe an, gab dem Mann eine brennende Stearinkerze in die Hand, hing meinen Mantel um, zum Schutz gegen die vermutlich in der Höhle herrschende Kälte und wollte die Wanderung unter die Erde antreten. Der Führer, mit dem ich wegen meiner mangelhaften Kenntnis des Spanischen nicht reden konnte, sah dem allen ganz gelassen zu und nahm auch das Licht wortlos in die Hand, ohne jedoch die geringsten Anstalten zu machen, mir zu folgen. Endlich wurde es mir klar, daß die offene, vollständig helle Grotte bereits die ganze Cueva del Sobrado war und ein Eingang in das Innere der Erde überhaupt nicht existierte. Mit der Erforschung der Höhlenfauna war es also nichts, und auch die übrigen Höhlen Gomeras, die ich später kennen lernte, trugen denselben Charakter, mit Ausnahme der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa, die allerdings dunkel ist, aber keinerlei lebende Wesen enthielt. Nach

Santiago, wo sich die unterirdischen Galerien finden sollen, kam ich leider nicht, und nach der Cueva Encantada, der »verzauberten Höhle« im Valle Hermoso, erkundigte ich mich bei mehreren Personen, die mit der Gegend vertraut waren, vergeblich.

Ich mußte mich nun damit begnügen, in der Cueva del Sobrado und ihrer Umgebung die auf dem Boden umherliegenden größeren Steine umzuwenden und das kleine Getier darunter zu sammeln. Ich fand den Regenwurm Helodrilus caliginosus, die Schnecken Caracollina discobolus und Buliminus rupicola, die Assel Metoponorthus pruinosus, einen Flohkrebs, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Pachyjulus sansibastianus, die Spinne Teutana grossa, eine in Europa häufige und auch auf der antarktischen Insel St. Paul vorkommende Spezies, den Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, den Ohrwurm Anisolabis maxima, die Wanze Scantius aegyptius, den Kurzflügler Staphylinus olens, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, den Laufkäfer Calathus auctus und 3 Sackträgerpuppen, deren walzenförmiger Sack wie bei Psyche viciella mit feinen, quergestellten Grasstengeln bedeckt war. Nur die Asseln, Schwarz- und Laufkäfer erhielt ich in größerer Individuenzahl.

Auf dem Rückweg suchte ich auch unter den Steinen des Ackerlandes auf der Hochfläche nach kleinem Getier und fand dort zahlreiche Exemplare der Asseln Porcellio scitus und Metoponorthus pruinosus, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Pachyjulus sansibastianus, 3 Larven und 1 Männchen von Gryllus hispanicus, zahlreiche Exemplare des Kurzflüglers Staphylinus olens, zwei Exemplare des Schwarzkäfers Pimelia costipennis und einen Laufkäfer (Zabrus spec.).

Als ich am Nachmittag von meiner Exkursion zurückkehrte, erwarteten mich vor meiner Wohnung in Hermigua mehrere Jungen, die mir aus Ñamesblättern gefertigte und mit Grashalmen zugebundene Bündelchen überreichten. Als ich sie öffnete, entschlüpften ihnen Eidechsen und Frösche, die die Jungen in Erwartung klingender Münze für mich gesammelt hatten. Auch an den beiden nächsten Tagen erschienen diese dienstbaren Geister, und ich hatte bald die wenigen Reptilien und Amphibien, die Gomera aufzuweisen hat, beisammen.

Von Reptilien kommen nur drei Eidechsenarten vor: die Lacertide Lacerta galloti, der Skink Chalcides viridanus und der

Gecko Tarentola delalandei, von Amphibien nur eine Varietät des Laubfrosches: Hyla arborea var. meridionalis.

Lacerta galotti, von den Isleños Lagardo genannt, findet sich außer auf Gomera noch auf Teneriffa und La Palma. Sie ist überall verbreitet mit Ausnahme der Waldgebiete, die durch fetten Humusboden ausgezeichnet sind. Die günstigsten Standortsverhältnisse sind nach Steindachner jene Distrikte, wo schwarzgraue, von stark zerklüfteten Schlackenmassen bedeckte Lavaströme unmittelbar an reich kultivierte Gebiete grenzen. Hier sonnen sie sich um die Mittagszeit auf den erhitzten Blockflächen, um beim geringsten Geräusch im Geklüft zu verschwinden. Leichter sind sie zu fangen, wenn sie in halb erstarrtem Zustand unter Steinen liegen. Ihre Nahrung besteht aus Käfern und Früchten. Die Körperlänge der 20 Exemplare, die ich auf Gomera sammelte, beträgt 80 bis 250 mm. Bei den jüngeren Exemplaren ist der Schwanz meist verhältnismäßig viel länger als bei den älteren, wie denn auch Steindachner erwähnt, daß bei keinem der alten Individuen des Wiener Museums die Körperlänge mehr als 280 mm beträgt, während sie bei viel jüngeren Individuen bereits 300 mm übersteigt. Es erklärt sich dies daraus, daß bei jenen der Schwanz fast von der Wurzel an, bei diesen dagegen erst in der hinteren Hälfte oder im letzten Längendrittel regeneriert ist. Ich habe in meiner Sammlung ein altes Exemplar, das von der Schnauze bis zur Schwanzspitze 135 mm mißt, von denen 90 mm auf den Körper und 45 mm auf den Schwanz kommen. Ich besitze ferner ein junges Exemplar, das 175 mm Gesamtlänge hat, von denen 45 mm auf den Körper und 130 mm auf den Schwanz kommen. Bei jenem ist der Schwanz halb, bei diesem fast doppelt so lang als der Körper. In der Färbung stimmen kaum zwei Individuen vollständig mit einander überein; namentlich sind die 4—5 hellen Längsstreifen so verschieden ausgebildet, daß man verschiedene Arten vor sich zu haben glaubt. Bei zwei alten Exemplaren meiner Sammlung fehlen die hellen Längsstreifen vollständig.

Von dem schön bronzefarbenen, blaugetüpfelten Skink Chalcides viridanus, der Lisneja der Kanarier, sammelte ich 10 Exemplare, die ich teils unter Steinen fing, teils von Jungen kaufte. Ihre Körperlänge schwankt zwischen 75 und 150 mm; Färbung und Zeichnung sind bei allen wesentlich gleich. Der

Skink findet sich auch auf Teneriffa, Gran Canaria und Ferro von der Küste bis zu Höhen von 670 m. Seine Hauptnahrung scheint aus kleinen, unter Steinen lebenden Insekten, Spinnen und Würmern zu bestehen, während er Früchte verschmäht.

Der Gecko Tarentola delalandei lebt auf Teneriffa, Gomera, Ferro und Gran Canaria in den waldlosen Gebieten der basalen Region. Am häufigsten ist er in Blockhaufen am Rande von Getreidefeldern anzutreffen. Überhaupt bezeichnen nach Steindachner die unteren und oberen Grenzen dieser Felder auf jeder Insel der westlichen Gruppe zugleich die Grenzen der vertikalen Verbreitung des Perinquén, wie die Isleños den Gecko nennen. So fand Simony ein Exemplar noch in 1150 m Meereshöhe nächst dem von Getreidefeldern umgebenen Weiler El Caserio Pavon, während der Gecko andererseits bei San Sebastian auch in nächster Nähe des Strandes unter Blöcken von Feldmauern sehr häufig vorkommt. Das Tier findet sich ferner unter einzeln liegenden, größeren Steinen auf Stoppelfeldern, und wenn man einen solchen Stein umkehrt, so verläßt es ihn nicht, sondern begibt sich mit großer Schnelligkeit auf die neue Unterseite, wo es wie angeklebt hängen bleibt. Es wird auch zuweilen in den Häusern angetroffen und läuft dort vermöge seiner mit Saugplatten versehenen Zehen an den Wänden und Decken hin, um die schlafenden Fliegen zu verzehren. Ich sammelte auf Gomera unter Steinen 38 Exemplare, deren Körperlänge 45—110 mm beträgt. Die Zeichnung variiert nur insofern, als bei den jüngeren Exemplaren die schwärzlichen Flecken und Binden der Rückenseite sich von der grauen Grundfarbe deutlicher abheben als bei den älteren.

Der einzige Vertreter der Batrachier ist auf Gomera der Laubfrosch (Hyla arborea), der sich auf allen Kanaren mit Ausnahme der kleinen, unbewohnten Isletas vorfindet und zwar in einer von Boettger als meridionalis bezeichneten Varietät. Diese unterscheidet sich in der Körperzeichnung konstant von dem europäischen Typus, bei dem ein stets deutlicher, schwarzer oder grauer, weiß eingefaßter Seitenstreifen vom Hinterrand des Auges bis an die Hüften verläuft, während bei meridionalis nur vorn ein Seitenstreifen auftritt, so daß hinten die Farben des Rückens und Bauches ganz allmählich ineinander übergehen. Ferner zeichnet sich die kanarische Varietät durch einen besonders großen Kehlsack aus, und sehr häufig ist der eine Hinterfuß bedeutend länger

als der andere. Auch liebt sie nach Bolle das Wasser mehr als die mitteleuropäische Form.

Die Zeichnung der Rückenseite ist bei den einzelnen Exemplaren einer und derselben Lokalität oft recht verschieden Alle Variationen, die von Steindachner angeführt werden, fand ich bei den von mir in Hermigua gesammelten Exemplaren vor. Von den 16 Individuen sind 3 so gut wie fleckenlos, 7 sind mit wenigen großen, meist ziemlich undeutlichen, rundlichen Flecken versehen, 5 haben zahlreiche kleine, rundliche Flecken, die teilweise sehr scharf hervortreten und deren Zwischenräume mit kleinen, unregelmäßig gestalteten Flecken mehr oder minder dicht besetzt sind, und bei einem Exemplar ist der ganze Rücken überaus dicht und zart dunkel gesprenkelt. Es ist möglich, bei diesen 16 Exemplaren derselben Lokalität alle Übergänge von der fleckenlosen bis zu der gesprenkelten Form zu verfolgen. Die 7 Exemplare, die ich in San Sebastian erhielt, sind alle sehr undeutlich gefleckt, mit Ausnahme eines Exemplares, das ich nach einem heftigen Regen im Hofe meines Hauses fing. Dieses ist hellbraun mit zahlreichen deutlich abgegrenzten, dunkelbraunen, rundlichen Makeln und kleinen, unregelmäßig gestalteten Flecken.

Der Laubfrosch findet sich auf Gomera an allen Wasserläufen der basalen und Waldregion und macht sich durch sein sehr lautes Quaken weithin bemerkbar, während er schwer zu sehen ist, da er sich unter Pflanzen verbirgt. Am Tage verkriecht er sich auch unter Steinen, wie zwei Exemplare beweisen, die ich an der Felswand hinter Agulo und auf dem Talboden von Valle Gran Rey fing. Nach Steindachners Angabe klingt das Quaken der kanarischen Varietät viel härter als das der typischen Form, steht aber wie dieses außerhalb jeder Beziehung zu den jeweiligen Witterungsverhältnissen.

Während die Eidechse Lacerta galloti und der Skink Chalcides viridanus ganz auf die Kanaren beschränkt sind, kommt der Gecko Tarentola delalandei auch auf Madeira und am Senegal, und die Varietät meridionalis von Hyla arborea auch in Südfrankreich vor. Lacerta galloti gilt als ein Ausläufer der Perleidechse (Lacerta ocellata), die in Südfrankreich, auf der pyrenäischen Halbinsel und in Nordafrika vorkommt. Chalcides viridanus steht der leicht verschleppbaren Form Chalcides ocellatus von Marokko, Ägypten, Spanien und Sardinien sehr nahe und

wurde früher nur als eine Lokalvarietät dieser Spezies aufgefaßt. Tarentola delalandei nähert sich auffallend der südeuropäischen Tarentola mauritanica. Am frühesten von allen Kriechtieren und Lurchen ist wohl Lacerta galloti nach den Kanaren gelangt, da sie am meisten von allen lebenden Arten abweicht, dann folgten der Gecko und der Skink, die wohl durch Vermittlung des Menschen eingeschleppt wurden, ebenso wie der zuletzt eingewanderte Laubfrosch.

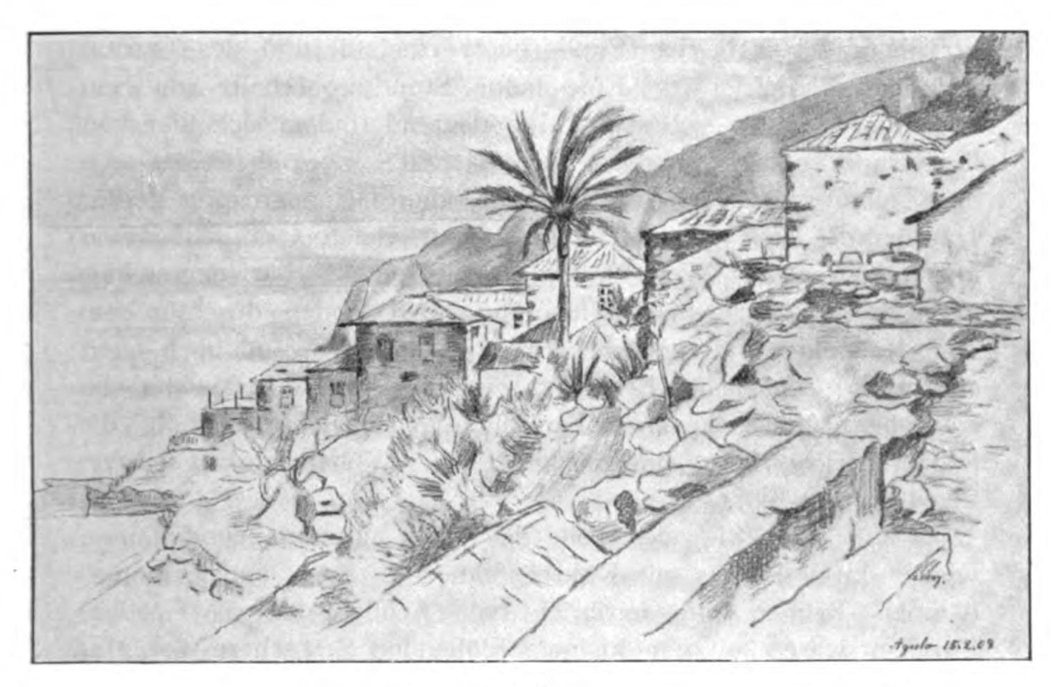
Außer diesen vier auf Gomera vertretenen Reptilien- und Amphibienarten kommen noch die folgenden sechs auf den kanarischen Inseln vor: Lacerta simonyi auf Gran Canaria und Ferro, Lacerta atlantica auf Fuerteventura, Lanzarote und den Isletas außer dem Roque del Infierno, Chalcides simonyi auf Fuerteventura, Tarentola mauritanica var. angustimentalis auf Fuerteventura, Lanzarote, Graciosa und Allegranza, Thalassochelys caretta auf Teneriffa, Gran Canaria und Lanzarote und Rana esculenta var. hispanica auf Teneriffa und La Palma.

Am Mittwoch, den 4. Dezember, nahm ich mir einen Jungen und sammelte mit seiner Hilfe am Rande des Baches. Außer zahlreichen Exemplaren der Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis sowie der Maulwurfsgrille Gryllotalpa africana, einem Weibchen und einer Larve des Ohrwurmes Anisolabis annulipes, einer Wanzenlarve (Oneocephalus spec.), einigen Exemplaren der Käfer Gonocephalum rusticum und Hegeter tristis, einem nicht ganz reifen Weibchen der Spinne Tarentula ferox und einem Weibchen der Spinne Tarentula mayi erbeutete ich hier unter Steinen massenhaft die auch in Europa häufige Spinne Tarentula cinerea und gegen 50 Exemplare der kleinen, grauen Nacktschnecke Agriolimax laevis. Diese hat, wie mir Herr Professor Simroth mitteilt, ganz das Aussehen wie der Agriolimax agrestis auf den Azoren. Simroth glaubte daher diesen vor sich zu haben und war erstaunt, daß es der Agriolimax laevis in der rein weiblichen Form war, wie sie bei uns selten und wohl nur bei jungen Tieren vorkommt, während sie in den Tropen und Subtropen von Madagaskar, Ceylon und Amerika vorherrscht. Die Schnecke fehlt in Südeuropa, wo sie an den südlichen Alpenabhängen erlischt, und Simroth sieht daher in ihrer Verbreitung eine Bestätigung seiner Pendulationstheorie. Einige Regenerate am Schwanzende der von mir gesammelten

Exemplare hängen nach seiner Ansicht mit der üblichen Verfolgung durch Eidechsen zusammen, die am Hinterende anzufassen scheinen, woraus sich bei einigen anderen Nacktschnecken das autotomische Abwerfen des Schwanzendes entwickelt hat.

Die wenigen Gläser, die ich mit nach Hermigua hatte nehmen können, waren bald gefüllt und der Alkohol aufgebraucht. Ich beschloß daher, nicht mit den beiden Kaufleuten weiter zu reisen, sondern direkt nach San Sebastian zurückzukehren und die Umwanderung der Insel auf eine spätere Zeit zu verschieben. Ich hörte am 4. Dezember, daß um drei Uhr nachmittags ein kleiner Fruchtdampfer nach San Sebastian abgehen solle, packte daher in aller Eile meine Sachen und begab mich an den Hafen. Der Dampfer lag bereits da, aber hinüberfahren konnten die am Ufer wartenden Reisenden noch nicht, da noch geladen wurde. Am Strande lagen massenhaft Pakete mit Bananen aufgehäuft, die in das Boot geschafft wurden, das zwischen Schiff und Küste hin und her fuhr. Das Laden wollte kein Ende nehmen, und immer neue Waren wurden von den schlanken Mädchen, die mit ihren nackten Füßen höchst anmutig über die Felsen sprangen, herbeigetragen. Es wurde drei, vier, fünf Uhr, und noch immer fuhr das Boot von der Küste zum Schiff und vom Schiff zur Küste. Endlich, gegen sechs Uhr, als es schon dunkel war, sollte die Einschiffung der Reisenden erfolgen. Es war eine aufregende Szene. Jedesmal, wenn das Boot auf der Brandungswelle in die Höhe kam, schrieen die Leute am Ufer: a hora! a hora! (jetzt! jetzt!), und jedesmal flog ein unglücklicher Passagier wie ein Stück Vieh von der Höhe des Felsens in das Boot hinab, in das auch mein mit Glassachen gefüllter Koffer geworfen wurde. Als die Menschen glücklich unten angelangt waren, sollte auch noch ein Ochse geladen werden. Mit furchtbarem Geschrei wurde das Tier in das Wasser getrieben, versank nach gewaltigem Satz in den Fluten, tauchte wieder auf und wurde dicht neben mir am Rande des Bootes mit den Hörnern festgebunden. Als wir am Schiff angekommen waren, erfolgte zunächst das Aufwinden des Ochsen, und dann kletterten die Reisenden aufs Deck. Eine Schiffstreppe war nicht vorhanden, und halb gezogen, halb geschoben kam ich glücklich nach oben. Da stand ich nun in stockfinsterer Nacht auf dem über und über mit Waren versperrten Deck. Ich rettete mich über ein großes Boot und eine eiserne

Leiter auf die Kommandobrücke und blieb hier während der ganzen Fahrt stehen. Nach etwa einer Stunde wurde das Leuchtfeuer von San Sebastian sichtbar und warf schlängelnde Lichtstreifen auf die Felsen. Dann tauchten die Lichter von San Sebastian auf, und der Anker rasselte in die Tiefe. Ich sprang ins Boot und wurde durch die Brandung an den Strand getragen. Zwei kleine Jungen balgten sich um meinen Koffer, ein ganz kleiner Knirps erwischte ihn, brach aber unter seiner Last zusammen. Schließlich trugen ihn beide gemeinsam in mein Haus. Ich öffnete ihn sofort und fand glücklicherweise alles wohl erhalten. Dann wusch ich mich von Kopf bis zu Füßen, zog mit Wonne frische Wäsche an und legte mich mit der angenehmen Empfindung zu Bett, endlich wieder allein schlafen zu können.



Agulo

Sechstes Kapitel

Rund um die Insel

Am Mittwoch, den 12. Februar 1908, trat ich mit meiner Schwester eine Fußreise rund um die Insel an. Gegen sieben Uhr früh erschien der vom Bürgermeister besorgte Führer mit einem für das Gepäck bestimmten Esel. Kaum waren wir jedoch am Ausgang des Ortes angekommen, so hatte der Mann die Sache bereits satt, bedeutete uns, daß er ein schlimmes Knie habe und rief einen anderen Mann vom Felde herbei, dem er Esel, Mundvorrat und uns selbst übergab. Das Ziel unserer Tageswanderung war Hermigua. Wie ließen die Kakteen- und Tomatenfelder, die Agaven, Feigenbäume, Palmen und spärlichen Bananen, die am nördlichen Ende der Stadt den Weg begrenzen, hinter uns und betraten den mit Steingeröll bedeckten Talboden des Barranco de la Villa, auf dem die hellgrünen, hängenden Bäumchen des Balo (Plocama pendula) kleine Wäldchen bildeten. An den braunen Seitenwänden des Tales wuchsen die blaugrünen

Sträucher der Tabayba (Euphorbia berthelotii) und des Cardon (Euphorbia canariensis). Eine halbe Stunde oberhalb von San Sebastian verengt sich das Tal bedeutend, indem sich hier von ihm ein nördlicher Seitenast, der Barranco seco, abzweigt. An der Teilungsstelle liegt der Fleck Molinito, eine Gruppe weißer Häuser, die von schönen Palmen und vielen Orangenbäumen überragt werden. Weiter aufwärts wird das Tal wieder steinig und öde, obgleich viele Wasserläufe den Boden durchfurchen. Auf der linken Talseite erhebt sich in dieser Gegend hoch oben eine glatte, senkrechte Felswand, eine sogenannte Tarapucha, die einen herausgewaschenen vulkanischen Gesteinsgang darstellt. Ihr folgt in gleicher Höhe eine mit kanarischer Wolfsmilch bewachsene kegelförmige Klippe.

Wir ließen die öden Teile des Tales hinter uns und kamen wieder durch Finkas mit Kakteenfeldern, Feigen- und Orangenbäumen, Palmen und Geröhricht von Arundo donax. Größere Strecken waren mit den kleinen, blühenden Sträuchern der Magarza (Chrysanthemum frutescens) übersät. An den Ufern des Baches, den wir wegen seiner vielen Windungen oft auf Steinen und Felsblöcken überspringen mußten, bemerkten wir die riesigen, pfeilförmigen Blätter der Ñame (Colocasia esculenta), einer tropischen Aroidee, die auf den Kanaren viel in der Nähe der Bäche angebaut wird und deren stärkemehlreiche Wurzelstöcke in Scheiben geschnitten und gebraten werden. Je weiter aufwärts wir kamen, desto lieblicher wurde das Tal, desto üppiger die Vegetation. Die Häuser lagen vielfach malerisch am Abhang der Berge und waren oft wie kleine Schweizerhäuser mit Altanen versehen. Nach Überschreitung einer stark verbreiterten Stelle des Baches, wo die zierliche gelbe Bachstelze (Calobates sulphurea), die Pispa oder Levandera der Kanarier, ihr Wesen trieb, führte uns der Weg längs einer Felswand hin, die eine zum Teil freistehende, von einem mächtigen Felsbogen durchbrochene Gangmauer war, deren Gestein ausgesprochen dünnplattige Absonderungserscheinungen zeigte. In ihr befand sich der Eingang zu einer kleinen Höhle, der Cueva de Vargas.

Das Tal verengte sich nun immer mehr, der Bach brach sich vielfach durch enge Schluchten und stürzte in kesselartige Erweiterungen, in denen das Wasser eine grüne Färbung zeigte. Die Wände der Schluchten bedeckte das zierliche Venushaar

(Adiantum capillus veneris), ein Farnkraut, das sich auf den Kanaren überall da findet, wo Feuchtigkeit durch das Gestein sickert, die es zum Wohle des Menschen zurückhält und so die Austrocknung des Bodens verhindert. Auch sammelte ich Notochlaena marantae, einen Farn, der hauptsächlich in dem Gürtel verbreitet ist, durch den das Litoral sich der Waldregion anschließt. Bei einer dicht bewachsenen Schlucht stieg der Pfad stark bergan, und wir überschritten einen kleinen, mit einigen Häusern bedeckten Rücken, von dessen Höhe wir in einen besonders fruchtbaren und reich bebauten Teil des Tales hinabschauten. Noch weiter aufwärts wurde das Tal wieder öde, obgleich die Abhänge einen grünlichen Anflug bewahrten. Der auf den Kanaren an offenen, trockenen Standorten so häufige, aus dem westlichen Mittelmeergebiet stammende Strauch Juagarzo (Cistus monspeliensis) trat auf und erfreute das Auge durch seine großen, weißen Blüten. Auch bemerkte ich auf unserem Wege die kanarische Weide (Salix canariensis) und sammelte im Vorbeigehen eine Anzahl blühender Kräuter, unter denen ich den Natternkopf (Echium plantagineum), den Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis), den Lavendel (Lavandula multifida), den Asphodil (Asphodelus fistulosus), den kretischen Hornklee (Lotus creticus), den Zweizahn (Bidens pilosa), die Acker-Ringelblume (Calendula arvensis) und das pappelblätterige Kreuzkraut (Senecio populifolius) erwähne.

Nach dreistündiger Wanderung erreichten wir den Fuß der Felswand, die das hier kesselartig erweiterte Tal abschließt, und kamen an der Hacienda de Honduras vorüber, einem ziemlich großen Gehöft mit Palmen, Granaten-, Orangen- und Pfirsichbäumen. Ob der mächtige Drachenbaum, den Bolle hier sah, noch vorhanden ist, kann ich nicht sagen, da ich damals von seiner Existenz noch nichts wußte und nicht darauf achtete. Auf den Feldern bemerkten wir zahlreiche Klatschrosen. Das Tal gabelte sich hier; links stieg der Barranco de la Laja in der Richtung des Roque de Agando aufwärts, rechts führte der Barranco del Agua zur Cumbre del Carbonero empor. Wir folgten dem Barranco del Agua und passierten eine mit Lorbeer, Baumheide und Ñame dicht bewachsene Schlucht, die rechts von einer steilen, stark zerhöhlten Felswand überragt wurde. In dieser Meereshöhe, die etwa 700 m betrug, änderte sich der Charakter

der Vegetation. Die Palmen und Wolfsmilchsträucher, die uns bisher begleitet hatten, verschwanden und wurden allmählich durch Lorbeerbäume und Baumheide ersetzt. Was von der Ferne als kahle Felswand erschien, zeigte sich in der Nähe mit Heidebüschen, zahllosen Hauslaubrosetten von Riesengröße, mächtigen Agavensträuchern und kleinen blühenden Kräutern überzogen. Der Felsenpfad wurde immer reicher an Pflanzen; Flechten, Moose und Farne bedeckten den Boden, und von den Felsen träufelte das Wasser herab.

Gegen halb ein Uhr kamen wir auf der etwa 900 m hohen Cumbre del Carbonero an und rasteten auf dem Köhlerpaß. Der Pfad ist hier durch einen kleinen Hügel geteilt, auf dem sich ein Holzkreuz erhebt. Wenn man von der Höhe des Passes, der einen ganz scharfen Grat überschreitet, nach der anderen Seite hinübersieht, überschaut man plötzlich ein wogendes, grünes Waldmeer. Wir hatten jene Wälder erreicht, von denen ich so oft geträumt, nachdem ich Bolles Schilderungen gelesen. Die Aussicht von der Cumbre war unvergleichlich großartig. Nach rückwärts sahen wir in den wilden Barranco de la Villa, wo tief unten der glitzernde Bach sich hinschlängelte und ganz im Hintergrund die weißen Häuser San Sebastians am Meeresstrande sichtbar waren. Nach vorwärts schauten wir in das Tal von Hermigua mit seinen in langer Linie sich hinziehenden Häusern, und auf die Meeresbucht am Ausgang des Tales.

Wir stiegen nun nach Hermigua hinab und wanderten etwa eine halbe Stunde lang in dem feuchtkühlen Wald, der aus den typischen Charakterbäumen der kanarischen Montanregion zusammengesetzt war: dem Loro (Laurus canariensis), dem Barbusano (Apollonias canariensis), dem Til (Oreodaphne foetens), dem Viñatico (Persea indica), dem Kirschlorbeer (Myrica faya), der kanarischen Stechpalme (Ilex canariensis) und der Baumheide (Erica arborea). Mit Ausnahme des zuletzt genannten Baumes, der Nadeln trägt, haben alle diese Holzgewächse sehr ähnliches Laub, nämlich ovale, ganzrandige, satt- und immergrüne, spiegelglänzende und fiedernervige Blätter, eine Eigentümlichkeit, deren Ursache bis jetzt nicht erkannt ist, die aber nicht vereinzelt dasteht, indem die Gehölzformationen des gemäßigten Australien und des südwestlichen Kaplandes die gleiche Erscheinung aufweisen. Die vier Lauraceen der Kanaren, der Loro, Barbusano,

Til und Viñatico, sind den mediterranen ähnlich, doch zeichnen. sie sich durch bedeutendere Größe und größeres, mehr glattes und glänzendes Laub aus. Namentlich erreichen die Blätter des Viñatico außerordentliche Dimensionen. Die Blattformen erinnern mehr an die des subtropischen Regenwaldes als an die des mediterranen, und ähnliche Waldphysiognomien finden sich jetzt in Japan, Südchile, der Kapkolonie, Neuseeland und im Hochgebirge der Tropen. Am Ende der Tertiärzeit war dieser Wald in Europa weit verbreitet, und von dort aus hat nach Schimper, dem ich hier folge, die Besiedelung der Kanaren mit Waldbäumen stattgefunden. Doch konnten nicht alle Arten des tertiären europäischen Waldes nach den Kanaren gelangen, sondern nur diejenigen, deren Samen die Fähigkeit zur Verbreitung hatten. Der tertiäre europäische Wald war daher mannigfaltiger als der kanarische, in welchem Wallnußbäume, Platanen, Ahorne, Hülsenfrüchte und Eichen fehlen. Von den kanarischen Waldbäumen war der Loro bereits in den miocänen Wäldern bei Lyon sehr häufig, während der mediterrane Lorbeer (Laurus nobilis) damals noch fehlte und erst im Pliocän und Quartär auftrat. Auch der Barbusano, der Til und die kanarische Stechpalme stammen aus dem europäischen tertiären Wald und haben sich seit der Pliocänzeit fast unverändert auf den Kanaren erhalten, während sie in der großen Revolution des Festlandes zugrunde gingen. Dagegen hat der Viñatico, die schönste Lorbeerart der Kanaren, ihre nächsten Verwandten jetzt im tropischen Amerika und ist auch von dort nach den Inseln gelangt. Die Verbreitung der Samen dieser Bäume erfolgte nach Schimper durch Vögel des pliocänen Waldes, die sich von den saftigen Beeren ernährten, deren Samen an ihrem Gefieder hängen blieben. Der kanarische Lorbeerwald beherbergt jetzt zwei endemische Tauben (Columba laurivora und Columba bollei), und deren Vorfahren vermittelten daher wahrscheinlich den Transport. Ganz vereinzelt werden auch Vögel der Antillen durch Stürme nach den kanarischen Inseln verschlagen worden sein und so einige Bestandteile des Waldes, wie den Til, geliefert haben. Während und nach der Eiszeit hörte die Besiedelung der Inseln von Europa her infolge der Klimaänderung auf, und nur einzelne Nachzügler, wie die Baumheide, deren kleine Samen durch Wind oder an Vögeln hängend verbreitet wurden, folgten noch. Der

kanarische Lorbeerwald behielt unverändert seinen tertiären Charakter bei, da die von den Zugvögeln mitgebrachten Samen in dem Wald, der einer längst erloschenen klimatischen Periode angehört, später keine geeignete Stätte mehr fanden.

Die Stämme der Waldbäume auf der Cumbre del Carbonero waren dicht mit der Lungenflechte (Lobaria pulmonaria var. papillaris) und dem Neckerschen Moos (Neckera intermedia) überzogen, das gleich der Bartflechte (Usnea plicata) in langen Strähnen herabhing. Auf dem Boden wucherten üppig die Becherflechte (Cladonia pyxidata), die Rentierflechte (Cladonia rangiformis), die Hundsflechte (Peltigera canina), riesenhafte Hauslaubrosetten, zierliche Selaginellen (Selaginella denticulata) und das mächtige Farnkraut Aspidium canariense, das nur auf den Kanaren und Kapverden vorkommt, dort alle Laubwaldungen anfüllt und vom Volke im Gegensatz zu dem Adlerfarn, dem Farnweibchen, für ein Farnmännchen gehalten wird.

Auch dem kleinen Getier des Waldes schenkte ich einige Aufmerksamkeit, konnte aber bei der karg bemessenen Zeit nur wenig sammeln. Auf der Oberseite der Blätter des Barbusano bemerkte ich vielfach blasenförmige Auftreibungen oder Erineumbildungen, die von einer Gallmilbe (Eriophyes spec.) herrührten. Im Moos fand ich junge Larven der Schabe Aphlebia bivittata und unter Steinen die peregrinen Regenwürmer Helodrilus eiseni und H. chloroticus, den Tausendfuß Glomeris gomerana, eine neue Spezies, die Graf Attems zu Ehren Gomeras benannt hat, die auch in Europa häufigen Spinnen Zilla litterata und Clubiona decora, sowie die neue Spinnenspezies Micaria gomerae und zwei Exemplare der Nacktschnecke Amalia gagates.

Wir stiegen an der linken Seite einer dicht bewachsenen Schlucht aus dem Walde abwärts; tief unten rauschte ein Bach. Diesen überschritten wir unterhalb eines schönen, schmalen Falles, in dessen Umgebung die Vegetation eine wahrhaft tropische Üppigkeit aufwies. Die grotesk gestalteten Lorbeerbäume, die an den Felswänden wuchsen, waren von den breiten Blättern der Schmeerwurz (Tamus edulis) in einen grünen Mantel eingehüllt, Brombeersträucher mit mächtigen Stacheln bildeten ein undurchdringliches Dickicht, und die hohen Wedel der Farnkräuter, die mächtigen pfeilförmigen Blätter der Ñames und die riesigen Sempervivumrosetten kontrastierten mit den zierlichen hellgrünen

Selaginellen, die den Felsen überwucherten. Von Farnen bemerkte ich das reizende Frauenhaar (Adiantum capillus veneris) mit seinen keilförmigen, vorn handförmig eingeschnittenen Fiederchen, die schmalfiederigen, oberseits glänzend schwarzgrünen, unterseits weißlichen Wedel des Strichfarns (Asplenium adiantum nigrum var. acutum) und die einfachen, ganzrandigen bis fünfspaltigen Wedel des Milzfarns (Asplenium hemionitis). Die Varietät acutum von Asplenium adiantum nigrum ist sehr häufig auf den Kanaren und zeigt innerhalb des Archipels keine Übergänge zur Grundform, weshalb sie lange für eine besondere Art gehalten wurde, bis an einem von Ehrenberg in einem Brunnen zu Arissa in Syrien gesammelten Stocke Wedel des echten acutum zugleich mit Wedeln von unzweifelhaftem Adiantum nigrum var. argutum auf einem und demselben Rhizom gesehen wurden. Asplenium hemionitis gehört nach Bolle zu jenen aristokratischen Pfanzen, die niemand leicht übersieht, und scheint den Naturforschern von jeher ein besonderes Interesse eingeflößt zu haben. Er kommt nur in der Region der Lorbeerforsten gesellig vor und scheut das Licht, weshalb der Wald sein Lieblingsrevier bildet. Größe und Form seiner Wedel sind ungemein veränderlich. Das Laub kann ganz, drei- oder fünfspaltig sein und ist dies mitunter alles zugleich auf einer Staude. Nur der Endzipfel ist konstant spitz, die Figur der seitlichen dagegen wandelbar.

Als wir weiter abwärts stiegen, sahen wir am Bachufer einige Kopfweiden. Der Weg führte sodann hoch über dem Bach an einer nackten, von Wasserfäden überrieselten Felswand hin, die von einem breiten, teilweise als Mauer herausgewachsenen Gang durchsetzt war. Weiterhin kamen wir an einer elenden Felsenwohnung vorüber und überschritten den Bach unterhalb einer Stelle, wo er in vier kurzen Fällen über mächtige Felsblöcke tost. Hier war die untere Grenze der Lorbeeren, Farne und Hauslaubsträucher.

Das Tal machte eine Biegung und erweiterte sich, so daß die am Berghang terrassenartig liegenden Häuser des oberen Teiles von Hermigua sichtbar wurden. Bald hatten wir die ersten Bananenfelder des Ortes erreicht. Der Weg ging hoch über dem Bach an einer Reihe von Silberpappeln vorbei, wegen deren einer der vier Weiler Hermiguas los Alamos heißt. Dann

betraten wir eine sehr steil abwärts führende, gepflasterte Straße, wo ein kleiner Junge bei unserem Anblick ganz aufgeregt in ein Haus lief und rief: »Mama, Mama! Ingles! Ingles!« Bananen- und Tomatenfelder, Pfeilrohr und Ñames wurden nun immer reichlicher. Auch kamen wir an einer Reihe von sechs Königspalmen (Oreodoxa regia) vorbei, den einzigen Exemplaren dieses schönen Baumes, die ich auf Gomera sah. Rückwärts schauend überblickten wir den oberen Teil des Dorfes: die Häuser stiegen malerisch am Hang des Berges empor und hatten den mächtigen Bergkoloß Sobre el Chorro zum Hintergrund. Vor diesem erhoben sich zwei isolierte, durch einen schmalen Riß getrennte Felszinken, und rechts im Hintergrund wurde der Blick durch eine steile Felswand begrenzt, von der das Silberband eines Wasserfalles sich abhob. Weiter abwärts wandernd sahen wir das Meer und die Spitze von Teneriffa auftauchen. Wir überschritten den mit schönen Eukalyptusbäumen (Eucalyptus globulus) bepflanzten Kirchplatz, wo das Haus des Bürgermeisters und das neue Pfarrhaus die Kirche umgeben, und stiegen dann längs der Bananenfelder abwärts bis zur Casa des Don Fernando. Hier fanden wir wieder freundliche Aufnahme, und ich wohnte mit meiner Schwester in demselben Zimmer, in welchem ich früher mit den beiden Kaufleuten gewohnt hatte.

Ich benutzte unseren zweitägigen Aufenthalt in Hermigua zu einer Exkursion in den Wald oberhalb des Ortes, wo ich am Bache unter Steinen sammelte. Meine Ausbeute bestand aus den Regenwürmern Helodrilus caliginosus forma trapezoides, H. chloroticus, Eiseniella tetraedra, Eisenia rosea und Octolasium lacteum, einem Flohkrebs, der Assel Metoponorthus sexfasciatus, den Tausendfüßern Geophilus carpophagus und Brachydesmus proximus, den Spinnen Teutana grossa, Misumena spinifera und Pisaura rufofasciata, einer Larve von Gryllus bimaculatus, einer Phryganidenlarve, deren Gehäuse aus kleinen Steinchen bestand, der Wanze Verlusia sulcicornis, einem Laufkäfer der Gattung Zabrus, ziemlich vielen Exemplaren der Nacktschnecke Amalia gagates, sowie einigen Exemplaren von Vitrina lamarcki und Buliminus consecoanus.

Am Sonnabend, den 15. Februar, gingen wir weiter nach Agulo. Der Weg führte zwischen Tamariskenhecken abwärts zum Strande, dann dicht an diesem entlang und weiterhin in ge-

ringer Höhe über dem Meere. Die Abhänge waren mit kriechenden Tabaybasträuchern, Berode- und Balobäumchen, Agaven, Opuntien und teilweise auch mit Palmen bewachsen. Wir überschritten einen Bach und sahen hoch oben den Wasserfall von Agulo. Dann folgten Ñamesfelder, und in der Nähe einer Fischzuchtanstalt fing der Weg an in Windungen steil zum Dorfe Agulo emporzusteigen, das wir nach nur einstündiger Wanderung erreichten. Es liegt malerisch wie ein Tiroler Dorf dicht am Fuß einer steilen, etwa 300 m hohen Felswand in 250 m Meereshöhe und besteht aus drei Häusergruppen, die durch Bananenfelder von einander getrennt sind. Im Gegensatz zu Hermigua besitzt es eine Fonda, die sogar in dem Rufe steht, besser zu sein als die in San Sebastian und auf die die Bewohner Agulos sehr stolz sind. Man kann den Leuten keinen größeren Gefallen tun als ihre Fonda zu loben und auf die von San Sebastian zu schimpfen. Wir fanden freilich nicht, daß das Wirtshaus Agulos irgend etwas vor dem der Hauptstadt voraus hatte. Der Eingang sah aus als führe er in einen Stall oder eine Scheune, die Fenster hatten teilweise keine Scheiben, die Stühle zeigten große Löcher im Strohgeflecht, auf den Tischen standen alle möglichen verstaubten Dinge, Glaszeug, verblaßte Photographien und Puppen umher, und an den Wänden hingen halbnackte spanische Dämchen. Das Dach des Hauses sah von innen eigentümlich aus, weil es nicht mit Ziegeln, sondern mit Rohr gedeckt war. Der Wind pfiff durch alle Luken, und ich verhing nachts das Fenster meines Zimmers mit einer Bettdecke, um einigermaßen vor der kalten Zugluft geschützt zu sein. Das Essen war so schlecht, daß ich fast nichts davon genießen konnte.

Nach unserer Ankunft durchwanderten wir das Dorf, besuchten den Bürgermeister und machten einen Spaziergang an den Fuß des großartigen Wasserfalles, der südlich vom Dorf in zwei Absätzen von der hohen Felswand herabstürzt. Auf allen diesen Gängen waren wir auf Schritt und Tritt von Kinderscharen umlagert, an ganzen Menschenmauern mußten wir vorbeipassieren, und keinen Schritt konnten wir tun, ohne bis ins kleinste beobachtet zu werden. Als wir einen Bergpfad hinaufstiegen, sahen uns die Leute vom Ende des Dorfes aus eine halbe Stunde lang nach, und infolge der Steilheit der Berge kamen wir überhaupt nicht aus ihrem Gesichtskreis hinaus.

Ich sammelte während unseres dreitägigen Aufenthalts in Agulo auf den umliegenden Bergen. Die Feigenbäume, Kastanien, Opuntien und Bananen, die in der nächsten Umgebung des Dorfes an den Abhängen wachsen, werden in größerer Höhe von Ñamespflanzungen abgelöst, die auf dem sumpfigen, von zahlreichen Rinnsalen durchflossenem Boden sehr gut gedeihen. Der Rand der Wasserläufe ist von Lebermoosen und dem üppig wuchernden zerbrechlichen Blasenfarn (Cystopteris fragilis) eingefaßt, der auf den Kanaren von 500 m aufwärts an die Stelle des Frauenhaars (Adiantum capillus veneris) tritt, mit dem er nahe der unteren Grenze seiner vertikalen Verbreitung öfters vermischt wächst. Er bewohnt die ganze nördlich gemäßigte Zone, die kalten Regionen bis Island, Grönland und den amerikanischen Küsten des Polarmeeres, auf der südlichen Halbkugel das Kap- und Kaffernland. Im tropischen Amerika und in Italien kommt er nur im Hochgebirge vor, eine Tatsache, die das verhältnismäßig tiefe Herabsteigen auf den Kanaren und seine dortige Häufigkeit besonders bemerkenswert macht. Außer diesem Farn wuchsen an der feuchten Bergwand hinter Agulo besonders häufig die Simse Juncus acutus, die Brunnenkresse (Nasturtium officinale), der dreiblätterige Lauch (Allium trifoliatum), der Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis), der Ruprecht-Storchschnabel (Geranium robertianum) und das kleinblütige Weidenröschen (Epilobium parviflorum).

Unter den Steinen des sumpfigen Bodens der Ñamesfelder sammelte ich am Rande eines Rinnsales in ca. 400 m Höhe die peregrinen Regenwürmer Helodrilus chloroticus, H. caliginosus, Eisenia rosea und Eiseniella tetraedra, die Assel Metoponorthus pruinosus, zahlreiche weiße, schwarzäugige Flohkrebse einer fraglichen Spezies, die wegen ihrer mächtigen Sprünge schwer zu fangen waren, den Tausendfuß Geophilus carpophagus, die Spinnen Zoropsis rufipes und Teutana grossa, den Ohrwurm Anisolabis annulipes, den Laufkäfer Anchomenus nichollsii, den Schwimmkäfer Cyclonotum hispanicum, 99 Exemplare der Nacktschnecke Agriolimax laevis, 5 Exemplare der Nacktschnecke Amalia gagates, 8 Exemplare der Glasschnecke Vitrina lamarcki und einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis).

Über die Glasschnecke schreibt mir Herr Professor Simroth, dem ich drei Exemplare meiner Sammlung gesandt hatte, folgendes:

»Die Vitrina ist besonders merkwürdig. Sie haben 3 Stücke erbeutet, die wenig länger sind als 1 cm. Sie sind gleichmäßig gefärbt und erwachsen, geschlechtsreif. Zufällig habe ich von anderer Seite eine Serie derselben Art, ebenfalls von den Kanaren, vor mir, die mehr als dreimal so lang, also etwa dreißigmal so schwer sind. Sie stimmen in der Anatomie genau mit der kleinen Form überein. In der Schale findet sich ein Unterschied, denn der Mundsaum hat links bei der großen einen relativ viel breiteren häutigen, kalkfreien Saum als bei der kleinen. Zu einem ähnlichen Resultat bin ich schon früher gekommen bei Beurteilung des Azorenmaterials. Von dort hatte Morelet eine ganze Reihe kleiner Arten unterschieden, die ich auf Grund der Anatomie mit der großen Vitrina lamarcki vereinigte. Somit haben wir auf den atlantischen Inseln eine Gruppe von Formen, die sich nur durch die Schale unterscheiden. Das ist um so auffallender, als bei uns eine Reihe kleiner Vitrinen lebt, deren Anatomie solche Differenzen zeigt, daß man für jede Art beinahe eine neue Gattung aufstellen könnte. Will man die atlantisch-makaronesischen Formen in Arten zerlegen, dann muß man betonen, daß innerhalb der Gattung verschiedene Einteilungsgründe angenommen werden müssen.«

Mein Versuch, die ganze Höhe der Felswand hinter Agulo zu ersteigen, gelang nicht; in einiger Entfernung von dem Gipfel wurde sie so steil, daß ich ohne fremde Hilfe und Anseilung fürchten mußte, abzustürzen. Aber die erreichte Höhe bot bereits eine prachtvolle Aussicht, besonders in der Richtung nach Hermigua. Die Verbindung zwischen diesem Orte und Agulo wird außer durch den bereits erwähnten Strandweg noch durch einen höher am Berghang entlang führenden Pfad vermittelt. Bei unseren Spaziergängen auf diesem Wege pflückte ich am Berghang das Feldlöwenmaul (Antirrhinum orontium), den Berg-Erdrauch (Fumaria montana), die Ackerringelblume (Calendula arvensis), das judäische Treufkraut (Parietaria judaica) und ein schönes Schwertliliengewächs der Gattung Romulea. Unter den Steinen oberhalb des Weges erbeutete ich außer den bereits genannten Regenwürmern, Flohkrebsen, Asseln, Spinnen, Insekten und Schnecken, die ich auf dem sumpfigen Boden der Ñamesfelder oberhalb Agulo gesammelt hatte, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae, Cryptops trisulcatus und Brachydesmus proximus, die

Spinnen Segestria florentina, eine in der Mittelmeerregion sowie auf St. Helena verbreitete Art, und Tarentula gracilis, die Wanzen Sciocoris spec. und Scantius aegyptius, einen Kurzflügler (Staphylinus spec.), zahlreiche Exemplare des Schwarzkäfers Hegeter tristis, ein Nest der Ameise Camponotus maculatus subsp. hesperinus, 6 lebende Exemplare und zahlreiche weißgebleichte Gehäuse der Schnecke Caracollina discobolus, ein lebendes Exemplar und zwei leere Gehäuse der Schnecke Ericia laevigata und einen Gecko (Tarentola delalandei). Ferner untersuchte ich auf diesem Wege einen großen Tümpel, der am Fuß einer feuchten Basaltfelswand zwischen großen Steinblöcken eingeschlossen war. Tierisches Leben fand ich nicht darin, aber eine Schlammbank mit kleinen Säulchen, von denen jedes auf der Spitze ein Basaltstückchen trug: Bozensche Erdpfeiler im kleinen. Am Rande des Weges waren mehrere Grenzsteine errichtet, die aus einer sehr feldspatreichen, gelbgrünen Lava mit braunen Mangandendriten bestanden.



Unser Führer von Agulo nach Valle Hermoso

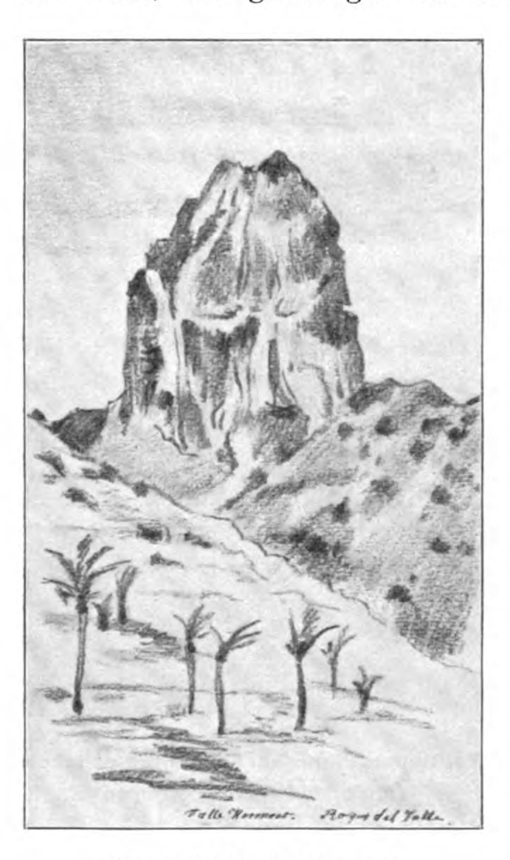
Am Dienstag, den 18. Februar, einem sehr schwülen Tage, setzten wir unsere Wanderung bis nach Valle Hermoso fort. Ein alter Mann mit charakteristischem bärtigem Kopf und einer Hose, die nur aus Flicken bestand, führte uns. Wir gingen abwärts durch den unteren, sehr ärmlich aussehenden Teil Agulos und dann steil aufwärts an dem außerhalb des Dorfes gelegenen Kirchhof vorbei, der von einer weißen Mauer umgeben und nur mit wenigen Holzkreuzen geschmückt war, die sich trostlos aus dem kahlen Boden erhoben. »Hier sterben nur wenig Menschen«,

sagten uns die Leute. Links vom Wege ragten hohe Basaltfelsen mit Steinbrüchen empor. Nachdem wir den engen Roquillopaß überschritten hatten, blickten wir in den großartigen Barranco de Tagora hinab, auf dessen rechtem Hang der Weg steil aufwärts führte. Die Vegetation bestand hauptsächlich aus Baumheide und Hauslaubrosetten. Nach einer Stunde passierten wir ein einsam gelegenes Haus und mehrere Schuppen und stiegen dann bei dem Orte Tagora in die Tiefe des Tales hinab. Weithin erblickten wir Abhänge aus kaolinisiertem, gelben Tuff, der von zahlreichen Regenrillen durchfurcht war. Bei Sobre Agulo, wo wir den Bach überschritten, begegneten uns mehrere Ochsenschlitten, die sich schon von weitem durch ihr Geläute ankündigten. Es waren roh zusammengefügte Baumstämme, die auf dem nackten Boden von Ochsen geschleift wurden und Holz in das Tal beförderten. Die Heidebäume wurden jetzt zahlreicher und höher, Lorbeerbäume und Stechpalmen gesellten sich hinzu, darunter hohe, schöne Formen. Auch kamen wir an einer Gruppe australischer Eukalyptusbäume vorüber, die hier zwar nicht die gewaltige Höhe wie in ihrem Heimatland erreichen, aber doch durch ihren edeln Wuchs und die Durchsichtigkeit ihres Laubwerks das Auge fesseln. Der Weg durch den Wald war bequem im Verhältnis zu den steinigen Pfaden, die wir in den Barrancos passiert hatten, und bot nach rechts einen Blick in den unteren, engen Teil des Valle Hermoso, nach links eine prachtvolle Aussicht auf die Gebirgslandschaft oberhalb dieses schönen Tales. Um zwölf Uhr hatten wir den Punkt Buenavista erreicht, der seinen Namen in außergewöhnlichem Maße verdient. Er gewährt einen vollen Überblick über den grandiosen Kessel, zu dem sich



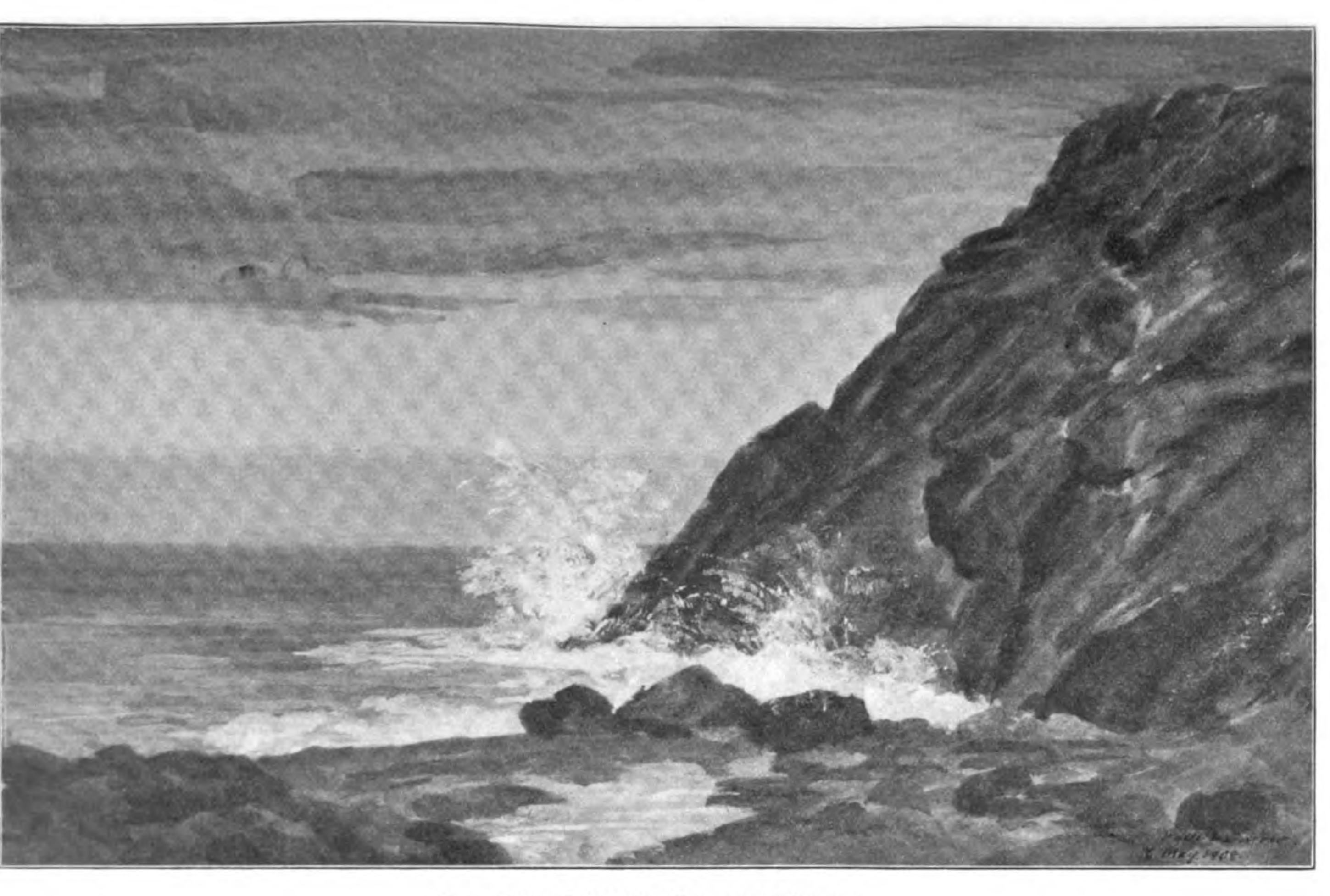
Eukalyptusbäume auf dem Wege zwischen Agulo und Valle Hermoso

das Tal von Hermoso an seinem oberen Ende erweitert. Zahllose Bergzüge liegen hier hinter- und übereinander, Barrancos steigen von allen Seiten herab und vereinigen sich alle im Valle Hermoso, dessen weiße Häuser man tief unten erblickt. Als wir weiter abwärts kamen, stieg plötzlich der spitze Kegel des Roque del Valle, ein gewaltiger Felskoloß, vor uns auf, an dessen schroffen Wänden der Weg hinab in das Tal führte.



Roque del Valle Hermoso

Gegen halb zwei Uhr kamen wir in der kleinen Fonda von Valle Hermoso an. Ein altes Mütterchen mit verhülltem Kopf und entzündeten Augen empfing uns und führte uns in ein winziges Zimmer mit zwei Betten, das abgesehen von den Fettflecken auf dem Fußboden recht sauber war. An den Wänden hingen zwei altertümliche farbige Schiffsbilder, die spanischen Schiffe »Villa de Madrid« und »Almanza« darstellend, umgeben von Wappen und symbolischen Figuren, sowie vier Kupfer mit Szenen aus dem Leben Jesu: die Anbetung der Hirten, der Auszug aus Egypten, Jesus im Tempel und die Kreuztragung. Einen weiteren Wandschmuck bildete ein Farbendruckporträt des deutschen Kaisers in der Uniform der Gardehusaren, das irgend ein patriotischer deutscher Gast hier zurückgelassen hatte. Von den Fenstern genossen wir eine sehr schöne Aussicht auf das Tal mit seinen Bananenfeldern und zahllosen hohen Palmen, die Berghänge mit den terrassenartig gelegenen Häusern, den Roque del Valle und den Barranco de las Rosas. Dicht neben dem Zimmer lag die Küche, ein schwarzes Loch, in welchem auf offenem Holzkohlenfeuer gekocht wurde. Aus den unteren Räumen ertönte das Grunzen der Schweine.



Felsenküste bei Valle Hermoso, Gomera

Wir stärkten uns an einem vorzüglichen Essen, wie wir es seit vielen Wochen nicht genossen hatten und machten dann einen Spaziergang nach dem Strande, der etwa eine halbe Stunde von der Fonda entfernt ist. Am linken Talhang führt ein guter und nur stellenweise von herabgefallenen Felstrümmern verschütteter Weg abwärts, bald hoch über dem Bach, bald dicht an seinem Ufer entlang. Mehrere kleine, enge Barrancos münden seitlich in das Tal, auf dessen Boden Bananen, Tomaten, Feigenbäume, Agaven, Opuntien, Berode, Tabayba und Balo die vorherrschende Vegetation bilden. Weiter oben sind die Hänge mit Sabinabäumchen bewachsen, die sich als dunkelgrüne Flecken von der braunen Talwand abheben. Die Sabina (Juniperus phoenicea) ist außer der Kiefer die einzige Konifere der basalen Region auf den Kanaren und war früher viel weiter verbreitet als jetzt, wo sie sich auf Gomera nur bei Valle Hermoso findet. Ihr wertvolles Holz hat sie dem Untergang geweiht. Juniperusarten aus der Sabinagruppe waren bereits im Eocän Südfrankreichs vorhanden, und wahrscheinlich ist der Baum zur Tertiärzeit nach den Inseln gelangt. Im unteren Teil des Tales von Hermoso fielen die Brombeersträucher am Wegrande durch ihre lang herabhängenden, bestachelten Zweige auf. Von blühenden Kräutern pflückte ich den kretischen Hornklee (Lotus creticus), den Asphaltklee (Psoralea bituminosa), die Gänsedistel (Sonchus jacquini), den Lavendel (Lavandula multifida) und den Tabak (Nicotiana tabacum). An der Bachmündung wuchs das Pfeilrohr (Arundo donax), und am Strande standen Tamarisken und zahlreiche blühende Magarzen (Chrysanthemum frutescens).

Die Brandung ist bei Valle Hermoso unvergleichlich schön und übertrifft noch die berühmte von Orotava auf Teneriffa. Hinter dem Landungssteg, der in der westlichen Ecke der Bucht errichtet ist, spritzt der Gischt häuserhoch an den Felsen in die Höhe. Von hier aus führt ein Pfad in einer engen Schlucht aufwärts, teilweise auf Treppen, die mit schwarzem Grus bedeckt sind. Tief unten umtost die Brandung zwei isolierte Felszacken. Nach Passierung der Schlucht geht der Pfad hoch über dem Meere längs der steilen Felswand hin, biegt an der höchsten Stelle um eine Felsenkante und führt dann abwärts in eine zweite Schlucht, die noch schauerlich-erhabener ist als die erste. Nackte, schwarzgrüne, aus dichter, spezifisch außerordentlich schwerer Lava

bestehende Felsen stürzen hier in wilder Schroffheit zum Meere ab, nach allen Richtungen von graugrünen, olivinreichen Gängen durchschnitten und von Spalten durchfurcht. Es ist das uralte Grundgebirge der Kanaren, die sogenannte Diabasformation, die hier zutage tritt. Am Rande des Pfades, der, vielfach durch Geröll und Grus verschüttet, längs der Felswand in die Tiefe führt, um schließlich blind zu endigen, wachsen alte, vielfach verästelte Tabaybabäumchen, Cardonsträucher, Balobäumchen und ein paar wetterzerzauste Sabinabäume.



Alter Tabaybabaum bei Valle Hermoso

Ich schlug einen alten Tabaybabaum mit der Axt auseinander und holte mehrere kleine Rüsselkäfer, einige Käferlarven, einen Tausendfuß und einen Borstenschwanz (Ctenolepisma lineata var. eatonii) daraus hervor. Auch sammelte ich einiges Getier unter den Steinen an der Mündung des Tales. Die Asseln Armadillidium vulgare, Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis, die Tausendfüßer Scolopendra valida und Strongylosoma guerinii, die Spinne Enoplognatha mandibularis, die Schabe Leucophaea surinamensis, der Schwarzkäfer Hegeter tristis, die Nacktschnecke Limax arborum, die Schnirkelschnecken Caracollina eutropis, C. lenticula und Hemicycla paivanopsis sowie der Gecko Tarentola delalandei bildeten die Ausbeute.

Die Assel Armadillidium vulgare war bisher nur von Teneriffa bekannt, wo sie von den Eingeborenen als Cocheñita bezeichnet wird. Simony fand sie besonders häufig im August und September auf trockenem, steinigem Terrain in den mit Baumheide- und Adenocarpusbüschen bewachsenen Gebieten des Höhenzuges der Montaña de Pedro Gil und der Außenhänge der Umwallung der Cañadas in Höhen von 900 bis 1500 m, vereinzelt unter

Steinen zwischen Retamabüschen noch bis 2400 m Seehöhe. Auch die Assel Gymnoderma laevis ist für Gomera neu, da sie bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt war.

Über die Nacktschnecke Limax arborum schreibt mir Herr Prof. Simroth: »Der Limax arborum hat die einfache Zeichnung zentraleuropäischer Tiere, nicht die der südeuropäischen Abart, die als Limax valentianus beschrieben ist. Die Verbreitung der Art ist höchst merkwürdig. Island, ganz Europa bis östlich zu den Karpathen. Dazu westlich die Kanaren — die übrigen südatlantischen Inseln fraglich — und endlich der Limax valentianus, den ich neulich (Südpolar-Expedition) von den südamerikanischen Anden beschreiben konnte. Theoretisch ist die Form besonders alt; denn ich habe eben die Hypothese begründet, wonach der Blinddarm den ursprünglichen Enddarm darstellt, wo der After, wie etwa bei Doris, noch am Hinterende lag. Die Beziehungen zur Pendulationstheorie habe ich bereits besprochen.«

Die Schnirkelschnecke Caracollina eutropis ist für Gomera neu, da sie bisher nur von Fuerteventura bekannt war. Das Gehäuse des von mir gesammelten jungen Exemplars ist mit feinen, etwa 0,5 mm langen Haaren an der Peripherie der letzten Windung besetzt, an den oberen Windungen sind sie schon abgefallen. Caracollina lenticula ist eine im ganzen Mittelmeergebiet häufige Küstenform und kommt auf allen Kanaren vor, ohne die geringste Variation zu zeigen. Hemicycla paivanopsis ist bist jetzt nur von Gomera bekannt. Ich erbeutete 4 ausgewachsene und 28 junge Exemplare.

Die drei Tage in Valle Hermoso rechne ich zu den schönsten der ganzen Reise. Die Landschaft vermag den verwöhntesten Ansprüchen zu genügen, und auch über die Bevölkerung hatten wir uns nicht zu beklagen. Wir wurden hier von der Neugier der Leute nicht belästigt und konnten in Ruhe sammeln, zeichnen, malen und photographieren, wenn nur der heftige Regen, der fast jeden Tag mehrere Stunden lang fiel, es gestattete. Rechnet man das ausgezeichnete Essen in der Fonda und die prachtvollen Orangen, die wir massenhaft vertilgten, hinzu, so läßt sich denken, daß wir ungern am Freitag, den 21. Februar, schieden, um unseren Rundgang nach Valle Gran Rey fortzusetzen.

Unser Führer war ein schwarzer, etwas banditenhaft aussehender Mann, der sich aber als sehr zuverlässig erwies. Ein

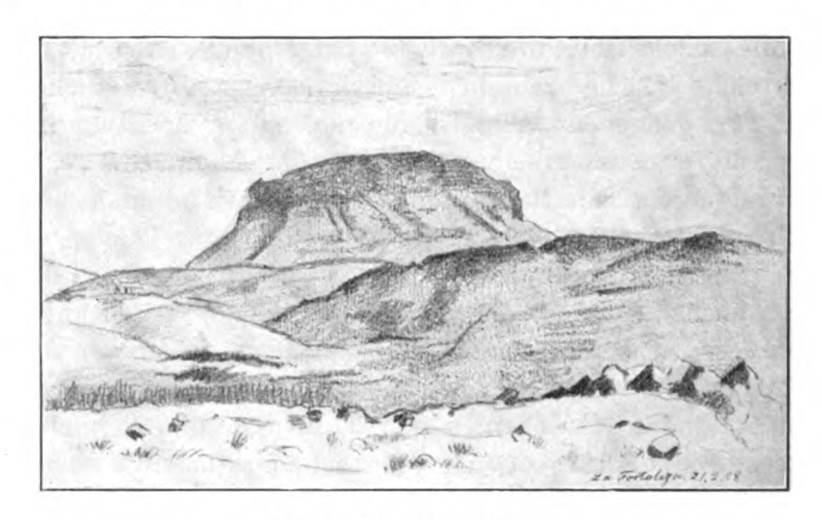
kräftiger männlicher Esel trug unser Gepäck, das durch meine Sammlungen inzwischen an Gewicht bedeutend zugenommen hatte. Wir stiegen gegenüber der Fonda zwischen Agaven und Opuntien das Gebirge hinauf und gelangten weiter oben in die Region der Sabina, die später durch Baumheide ersetzt wurde. Am Wege wuchs zahlreich die gelbblühende, holzige Papilionacee Adenocarpus foliolosus. Es ging fortdauernd steil aufwärts zwischen dem Barranco de Macayo zur Linken und dem Barranco de Clao zur Rechten. Bald sahen wir in den einen, bald in den anderen hinab, bald in beide zugleich. Stellenweise trat ein rosafarbiger, stark gefritteter Tuff zu Tage. Nach einer Stunde wurde der Wald höher und dichter und nahm nach und nach einen urwaldmäßigen Charakter an. Zuerst waren Heide- und Lorbeerbäume gemischt, später aber wanderten wir in fast reinem Lorbeerwald, dessen alte knorrige Bäume mit Moosen und Flechten überwuchert waren. Auf dem Boden und an den Ufern der rauschenden Bäche bildeten Farnkräuter einen Wald im Walde. Ich mußte an Bolles begeisterte Schilderung der Urwälder von Gomera denken und kann mir nicht versagen, hier seine Worte anzuführen, da meine Feder viel zu schwach ist, um den gewaltigen Eindruck, den diese Wälder auf den Reisenden machen, wiederzugeben.

»Alle diese Riesen der Wildnis«, schreibt Bolle von den Waldbäumen Gomeras, »sind mit wenigen Ausnahmen in ebenso schlanken als mächtigen Stämmen aufgeschossen. Erst hoch oben verästeln sie sich und verschmelzen ihre Kronen von lederartigen, glänzenden, nie abfallenden Blättern zu einem hehren Dome, unter welchem beständige tiefe Dämmerung herrscht. Kein Unterholz hemmt den Schritt; wie Säule an Säule gereiht stehen die gewaltigen Stämme da, oft zu drei und mehreren aus einer Wurzel entsprossen, rissig oder glatt, vom hellen Rot- oder Aschgrau bis zum gesättigtsten Schwarzbraun alle Farbennuancen durchlaufend, meist aber von einem Überflusse herabhängender grüner Moose und Flechten dicht und polsterartig überzogen. Auf dieser Decke von Kryptogamen wuchern wieder hauslauchähnliche Succulenten und Farne mit schöngefiederten Wedeln und goldfarbig rauhen, kriechenden Wurzelstöcken. Schlingpflanzen, die zwischen den bescheideneren der Wälder unseres Nordens und den alles überwältigenden der heißen Zone die Mitte halten,

eine holzige, hochkletternde Winde, die herrliche Gibalbera (Ruscus androgynus), die hier zur Liane gewordene Brombeerstaude und einige andere ranken sich hie und da an den Stämmen empor. Unten aber, wo im Herbst von den schönblühenden Waldpflanzen begünstigterer Jahreszeiten kaum eine Spur geblieben, keimt und wuchert eine Welt von Farnen, die in der von immerwährender Feuchtigkeit getränkten Humusdecke des Bodens oder auf niedergestürzten, modernden Baumstämmen wurzelnd, oft so hoch werden, daß sie — ein Wald im Walde — dem Menschen über dem Kopfe zusammenschlagen. Klare, wasserreiche Bäche rauschen über bemooste Felsstücke hin, durch die grünende Wildnis, die so üppig und jungfräulich prangt, als wäre sie gestern erst aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen. Nie habe ich den überall willkommenen Waldgeruch mit volleren Zügen eingeatmet. Die Luft ist von ihm so geschwängert, so mit aromatischen Dünsten angefüllt, daß sie etwas wahrhaft Berauschendes hat. Die tiefe und geheimnisvolle Stille dieses wunderbaren Waldes, in dem ich mehrere Tage verlebt habe, nur unterbrochen von dem Murmeln der Quellen, von des Windes Rauschen in den tausendjährigen Wipfeln oder von dem Flügelschlage großer Torcaztauben hat mir einen Eindruck hinterlassen, den ich, und wäre es mir beschieden, noch lange Jahre zu leben, und würde meine Sehnsucht, ihn wiederzusehen, auch nicht erfüllt, doch bis zum letzten Augenblick in voller Frische bewahren werde.«

Soweit Bolle, dessen Schilderungen ich durchlebte, als wir die Waldungen im Nordwesten Gomeras durchquerten. Zuweilen lichteten sich diese, und wir sahen auf beiden Seiten das Meer. Nach dem Austritt aus dem Wald, in welchem allmählich wieder die Baumheide vorherrschend geworden war, öffnete sich der Blick in ein weites, schönes Tal mit sanft gewelltem Boden, der mit Feldern und Gras bedeckt war, auf dem zahlreiche Kühe weideten. Die Abhänge zeigten vielfach einen rötlichen Anflug durch das massenhafte Auftreten des Ampfers Rumex bucephalophorus. Im übrigen war der Juagarzostrauch (Cistus monspeliensis) vorherrschend. Wir gingen am Talhang entlang und sahen unten die Häuser von Arure und eine Mühle bei einem Wasserfall liegen, erkletterten dann zwischen Cistusgesträuch einen steilen Abhang und gelangten auf eine kahle Hochfläche mit Äckern und einigen

Tabaybabäumchen. Nach rechts hatten wir von hier einen freien Blick auf das Meer, und zur Linken lagen auf einer Anhöhe die wenigen Häuser von Chipude, des höchsten Ortes der Insel, am Fuß des eigentümlichen flachen Tafelberges La Fortaleza. Sodann stiegen wir auf äußerst steilem und steinigem Weg in das Tal des großen Königs (Valle Gran Rey) hinab, das von vielfach zerhöhlten Felswänden umschlossen wird. Hier sah ich zum erstenmal eine Tabayba (Euphorbia helioscopia) in Blüte. Mehrere Häuser-

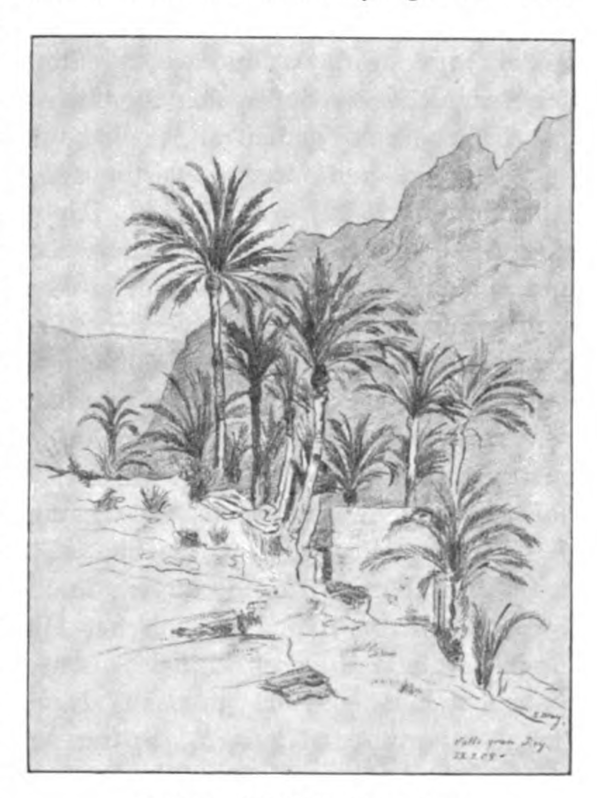


La Fortaleza bei Chipude

gruppen sind über die ganze Länge des Tales zerstreut, die letzte liegt terrassenartig am Abhang der Küste. Viele Palmen und einige Orangenbäume gereichen der Gegend zur Zierde. Bananenfelder fehlen, dagegen werden Tomaten sehr zahlreich angebaut.

Die Fonda liegt in der Nähe der Talmündung und besteht nur aus einem einzigen, riesengroßen, saalartigen Zimmer mit einer Veranda, die von Palmen beschattet wird und den Blick aufs Meer gewährt. An den sonst kahlen Wänden hing ein Bild des Königs von Spanien, auf den Tischen lagen zahlreiche Bücher über Hautkrankheiten umher. Nachdem wir gegessen hatten, besuchten wir den Arzt, an den mir der Bürgermeister in Valle Hermoso eine Empfehlung mitgegeben hatte. Er bewohnte in der Nähe des Strandes ein großes, flachdachiges Haus und empfing uns sehr freundlich, versprach mir auch einen Führer nach Santiago zu verschaffen. In seiner Begleitung gingen wir an

die Küste, wo ein Fruchtdampfer lag, mit dem meine Schwester am nächsten Tage nach San Sebastian zurückfahren wollte, während ich auch den südlichen Teil der Insel noch zu durchwandern gedachte. Es wurden gerade Tomaten in ungeheuren Massen eingepackt, und wir waren bald von einer Schaar junger Arbeiter und Arbeiterinnen umlagert. Ein prachtvoller Sonnenuntergang beschloß den ereignisreichen Tag.



Palmen bei Valle Gran Rey

Am Sonnabend, den 22. Februar, war sehr schönes, heißes Wetter. Ich saß in der Morgenfrühe auf der Veranda unter der Palmenkrone und schrieb mein Tagebuch. Meine Schwester reiste um zehn Uhr mit dem Fruchtdampfer ab. Am Nachmittag wollte sich der Führer nach Santiago, den mir der Arzt zu besorgen versprochen hatte, vorstellen, er kam aber nicht. Ich machte mich daher auf den Weg zum Bürgermeister, der ganz am oberen Ende des Dorfes wohnte, und hoffte durch dessen Vermittelung einen Führer zu erhalten. Unterwegs versprach mir aber ein Mann, den ich nach der Wohnung des Bürgermeisters fragte, seinen Sohn am nächsten Morgen als Führer zu schicken. Ich beruhigte mich dabei und verwendete den übrigen Teil des Nachmittags dazu, auf dem Talboden unter Steinen zu sammeln. Ich erbeutete die Assel Metoponorthus pruinosus, den Skolopender Scolopendra valida, zahlreiche Exemplare des Tausendfußes Strongylosoma guerinii, die neue Tausendfußspezies Pachyjulus senilis, ein Pachyjulus-Nest mit Jungen, eine Spinnenassel (Scutigera coleoprata), die

Spinnen Callilepis moebii und Aranea crucifera, den Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, die Grille Gryllus bimaculatus, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, den Marienkäfer Coccinella septempunctata, die Wanze Lygaeus militaris, zwei Ameisennester (Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und Camponotus rufoglaucus subsp. feae), die Nacktschnecke Agriolimax laevis und den Gecko Tarentola delalandei. Jugendformen von Lacerta galloti huschten wiederholt unter den Steinen hervor, ließen sich aber nicht fangen. Frösche kündigten ihre Nähe durch Quaken an, doch kam mir keiner zu Gesicht.

Am anderen Morgen wartete ich von sieben bis halb neun Uhr vergeblich auf den Führer. Ich ging hinab an den Strand zum Medico, der mir glücklicherweise einen jungen Burschen und einen Esel auftrieb, aber leider konnten wir erst um 10 Uhr abmarschieren, so daß die herrliche Frische, die am Morgen geherrscht hatte, bereits einer Gluthitze gewichen war. Die Schwierigkeit, einen Führer nach Santiago zu erhalten, erklärt sich daraus, daß der Verkehr zwischen den Orten auf der Südseite Gomeras fast nur durch Schiffe vermittelt wird, weil die Wege äußerst mangelhaft und beschwerlich sind. Die Leute konnten nicht begreifen, daß ich den Weg zu Fuß machen wollte.

Wir überschritten den Bach und den Kirchplatz des Ortes und quälten uns dann in tropischer Mittagsglut den steilen Weg längs der linken Talseite hinauf. Rückwärts schauend genoß ich manchen schönen Blick in das Tal mit seinen zahlreichen, von Palmen überragten Häusern. Später wurde die Gegend sehr kahl, und wir wanderten auf steinigem, nur stellenweise mit kurzem Rasen bedeckten Boden. Gegen ein Uhr hatten wir die Höhe erklommen und stiegen in ein Tal mit zahlreichen Kakteen hinab, wo ein paar schwarze Steinhütten standen. An der anderen Seite ging es wieder steil aufwärts über Äcker, die mit Heidebäumen, Tabayba und Juagarzo bewachsen waren. Es folgte dann ein zweites Tal mit zahlreichen Opuntien, dessen Bach wir bei dem kleinen Weiler Tomocoda überschritten. Um halb zwei Uhr erreichten wir Chipude, den ärmsten und höchstgelegenen Ort Gomeras. Hier stärkte ich mich in der Tienda des Don Domingo, dem einzigen Laden des trostlosen Fleckens, an Feigen, Brot und Wasser, während der Führer eine Büchse mit Ölsardinen leerte und Wein dazu trank. Der kleine Laden war mit Sonntagsgästen, unter denen sich auch der Geistliche Chipudes befand, überfüllt.

Nach kurzer Rast zogen wir weiter, überschritten zwei kleine Täler mit kahlen Äckern und Opuntien und kamen dicht an der Fortaleza vorbei. Im ganzen war es eine trostlose Gegend, und dabei herrschte eine furchtbare Schwüle. Um drei Uhr öffnete sich der Blick in den wilden Barranco de Herque, der sich in seinem oberen Teile in viele kleine Barrancos verzweigt, von denen einer nach dem anderen überschritten werden mußte. Wolfsmilch, Heide und besonders Juagarzo bildeten die Vegetation. Auf den Barranco de Herque folgte der Barranco de Chinguay, an dessen oberen Ende sich eine langgestreckte Höhle in einer hohen, steilen Felswand befindet, vor der ein gewaltiges Blockmeer sich ausdehnt. Auch hier wurden mehrere Zweigbarrancos überschritten. Es folgte der Barranco de Cantera mit einer spitzen Klippe an seiner linken Wand. Dann gingen wir längere Zeit über kahle Felder, bis plötzlich die Palmen von Alajero auftauchten. Mit Eintritt der Dämmerung zogen wir in diesen Ort ein und waren sofort von der ganzen Dorfbevölkerung umringt, in der mir die üppigen Gestalten der Frauen und Mädchen auffielen, die einen starken Kontrast zu den schlanken und mageren Körperformen bildeten, die ich bisher auf Gomera gesehen hatte. Ich nahm auf der Steintreppe eines Hauses Platz und beantwortete die neugierigen Fragen so gut ich konnte. Ich erfuhr, daß das Dorf keine Fonda hatte und verlangte den Bürgermeister zu sprechen, um Unterkunft für die Nacht zu erhalten. Denn es war bereits zu spät geworden, um noch nach Santiago zu gelangen. Nach einiger Zeit erschien ein alter Bauer, der sich als Alkalden vorstellte und mir mitteilte, daß Unterkunft in dem Orte nicht zu bekommen sei. Ich zog nun das Empfehlungsschreiben der Regierung aus der Tasche, das dem Bürgermeister, der selbst nicht lesen konnte, vorgelesen wurde. Er versprach darauf, für ein Quartier Sorge zu tragen, und nach zweistündigem Warten wurde mir ein kleines, fensterloses Gemach angewiesen, in dem ein sehr sauberes Bett auf einem Holzgestell für mich gerichtet war, während den Fußboden ein Lager für den Führer bedeckte. Nach den Strapazen des Tages waren wir bald entschlummert.

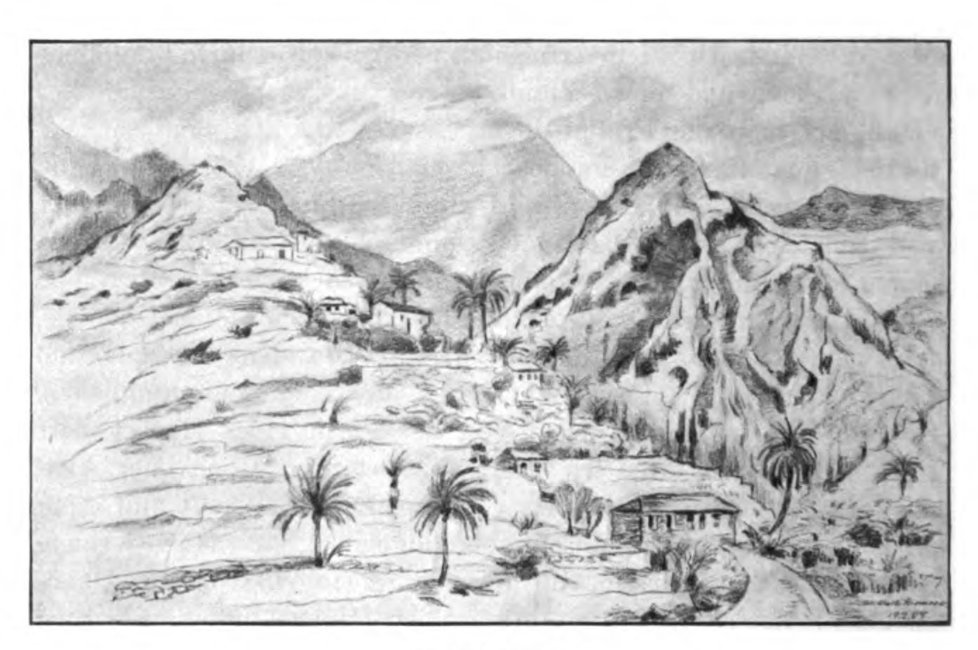
Als ich am nächsten Morgen in der kleinen Tienda, deren Inhaber das Zimmer vermietet hatte, nach dem Preise fragte, antwortete der Mann: zwanzig Peseten. Ich glaubte, nicht recht gehört zu haben, denn in einer Fonda Gomeras beträgt der

Tagespreis für Kost und Wohnung drei bis vier Peseten. Ich hatte abends nur ein paar Feigen und Orangen gegessen und ein Glas Wasser dazu getrunken, eine Zeche von wenigen Centimos. Aber der Mann wiederholte: zwanzig Peseten. Als er jedoch mein furchtbar erstauntes Gesicht sah, ging er sofort auf zehn Peseten herunter. Ich bestand jedoch darauf, nicht mehr als vier Peseten zu bezahlen, warf das Geld auf den Tisch und verließ den Laden. Auch der Führer, dem ich zwei Peseten über den ausbedungenen Preis bezahlt hatte, obgleich er mich gar nicht bis nach Santiago gebracht hatte, war mit seinem Geld nicht zufrieden; ich blieb jedoch standhaft und bezahlte keinen Centimo mehr. Später wurde ich von den Leuten noch mit der größten Höflichkeit behandelt und gebeten, in meinem Bericht nichts von der Sache verlauten zu lassen, sie hätten geglaubt, ich sei von der Regierung mit reichlichen Mitteln versehen worden. Ich verzichtete nun auf die Tour nach Santiago und beschloß von Alajero direkt nach San Sebastian zurückzukehren. Während ich auf den Führer wartete, wurde der mich betreffende Regierungserlaß nicht weniger als dreimal mehreren durchkommenden Personen vorgelesen. Um neun Uhr kam der Führer, ein Esel war jedoch nicht aufzutreiben, und der Mann trug meinen recht schweren Koffer den zehnstündigen beschwerlichen Weg über Stock und Stein auf der Schulter, eine enorme Leistung, die ein Licht auf die weithin berühmte Körperstärke der Gomeros wirft.

Wir stiegen in nördlicher Richtung aufwärts und erreichten nach kurzer Zeit den Barranco de Imada, der mit Opuntien und Palmen bewachsen ist. Auf eingehauenen Steinstufen kletterten wir an steiler Felswand in das Tal hinab und durchquerten es bei dem Orte Imada, um gleich darauf einen zweiten Barranco mit zahlreichen Opuntien zu überschreiten. Nach zwei Stunden kamen wir an den Barranco de Agando, ein sehr weites Tal mit vielen Palmen, die Benchijigua, einen in der Geschichte Gomeras berühmten Ort, umgeben. Hinter diesem Dorfe ragt der mächtige Kegel der Roque de Agando empor. In der Nähe der Häuser weideten Kühe und Pferde, ein Füllen lag im Grase und sonnte sich. Wir klommen dicht am Roque de Agando eine furchtbar steile Talwand hinauf, wo blühende Tabaybabäumchen und ein Mauerpfeffer (Sedum spec.) wuchsen, und kamen an einem mächtigen abgestürzten Felsblock vorbei, unter dem sich eine Höhle

befand. Gegen zwei Uhr erreichten wir das von Palmen umgebene Vega y Pala, und eine Stunde später erschien links auf der waldigen Höhe die Ermita de las Nieves, die ich von San Sebastian aus schon öfters besucht hatte. Wir wanderten nun durch Lorbeer- und Heidewald zum Barranco del Cabrito, der von sehr schroffen Felswänden eingeschlossen wird, zwischen denen die Häuser von Jerdune liegen, und weiterhin über eine öde Fläche zu dem wildromantischen Barranco de la Guancha. Auf dem Rücken, der diesen Barranco von dem Barranco del Cabrito trennt, erhebt sich ein Felsen, der einen eigentümlichen, Sombrero genannten Aufsatz von der Form eines Heuschobers trägt. Dann passierten wir die kleine Ortschaft Mona oder Ayamorna, die aus zwei Gruppen von Steinhütten besteht und dicht an die Wand zweier Felsenbühls angelehnt ist. Hier weidete eine Herde von Schafen, die durch ihre langen, weichen Haare auffielen. Zahlreiche Disteln mit weißen Pappusköpfen bedeckten den Boden. Weiterhin überschritten wir eine öde Hochfläche, auf der zwei Steinhütten standen und vielfach ein weißes, stark kaolinisiertes Gestein zutage trat. Jetzt machte sich bereits die frische Luft des Meeres fühlbar, der Pik von Teneriffa tauchte auf und bald auch der Hafen und die Stadt San Sebastian. Doch hatten wir immer noch zwei Stunden in der Finsternis beim Schein meiner Acetylenlaterne, die der Führer eine »buena cosa« nannte, abwärts zu steigen. Gegen sieben Uhr erreichten wir die letzten Ausläufer San Sebastians, überschritten den Bach des Barranco de la Villa und betraten unser Haus, wo ich meine Schwester wohlbehalten antraf.

Die ganze Reise um die Insel hatte dreizehn Tage gedauert. Was mir dabei besonders zum Bewußtsein kam, war der ungeheure Gegensatz zwischen der Nord- und Südseite Gomeras: jene ein landschaftliches Paradies, diese eine trostlose, nur von einzelnen Oasen unterbrochene Steinwüste.



Valle Hermoso

Siebentes Kapitel

Quer durch die Insel und auf den Alto de Garajonay

Nach Beendigung der Rundreise um die Insel blieb mir auf Gomera nur noch eine Aufgabe zu lösen übrig: die Besteigung des höchsten Berges, des Alto de Garajonay. Ich wollte sie mit einer Durchquerung der Insel in der Richtung von Südosten nach Nordwesten verbinden: am ersten Tage von San Sebastian bis zur Ermita de las Nieves, am zweiten über den Alto de Garajonay nach Valle Hermoso wandern und am dritten mit einem Fruchtdampfer nach San Sebastian zurückfahren. Die kleine Reise, die ich ohne Führer machte, ging jedoch nicht ganz programmgemäß von statten.

Ich brach am Sonntag, den 1. März, bei sehr schwülem Wetter auf. Das Meer war ganz von einer Dunstschicht bedeckt. Nach Überschreitung des Barranco de la Villa ließ ich die letzten Häuser der Stadt hinter mir und stieg den steinigen Weg, der auf die südlich von San Sebastian gelegenen Höhen führt, hinauf. Auf einem isolierten Felsen saß ein großer Rabe, ein anderer

flog krächzend über das Tal. Mehrmals flogen Steinhühner mit lautem Geschrei und Flügelschlag auf.

Nach dreistündiger Wanderung erblickte ich die Häuser von Ayamorna im oberen Teil des Barranco de la Guancha. Von der Höhe über diesem Ort bot sich mir eine interessante Aussicht. Ich sah in den Talkessel am oberen Ende des Barranco de la Villa hinab, den die spitzen Zacken der Cumbre del Carbonero überragten. Über den Grat der Cumbre erhob sich die bewaldete Felsenmasse des Monte de Inal. Mehr im Vordergrund ragten zwei isolierte Felsenspitzen auf, und meerwärts schweifte der Blick über die nordöstliche Hochfläche jenseits des Barranco de la Villa, aus der sich die lange Felsenmauer über dem Barranco del Balo heraushob. Die Felsen, auf denen ich rastete, waren über und über mit weißen und roten Krustenflechten sowie mit graugrünen Strauchflechten bedeckt. Unter den Blütenpflanzen fiel eine kleine, zierlich verästelte Fetthenne (Sedum spec.) durch ihre Häufigkeit auf. Ein großer Weberknecht, den Strand als eine neue Spezies (Phalangium canarianum) erkannte, lief hastig über das Gestein.

Gegen ein Uhr überschritt ich den Rücken zwischen dem Barranco de la Guancha und dem Barranco del Cabrito. Die Häuser von Herdune wurden sichtbar und in der Höhe die Ermita de las Nieves. Eine halbe Stunde später lagerten sich Wolken auf die Cumbre und verhüllten ihre Zacken. Nebelstreifen zogen am Roque de Garcia und Monte de Herdune vorüber. Um die Felsen kreisten Raben und Turmfalken.

Ich will hier einige Worte über diese beiden Vögel einschalten.

Der kanarische Rabe (Corvus tingitanus), von den Eingeborenen Cuervo genannt, wurde früher für identisch mit dem Kolkraben (Corvus corax) gehalten. Die geringe Größe seiner Körperformen und seines Schnabels sowie gewisse Lebensgewohnheiten unterscheiden ihn jedoch von der europäischen Art. Während diese stets einzeln oder in Paaren lebt, kommt der kanarische Rabe meist in großen, oft erstaunlichen Schaaren vor. Seinen Horst baut er gewöhnlich aus Reisern in irgend einer unzugänglichen Felsennische. Seine Nahrung besteht aus Heuschrecken, Mäusen, Feldfrüchten und Aas. Er fügt den frisch gesäten Feldfrüchten großen Schaden zu, besonders dem Mais,

indem er das keimende Pflänzchen samt dem Korne aus der Erde zieht. Viera nennt ihn daher einen Vogel von übelstem Rufe. Von den Hirten wird er als der hündischste Vogel bezeichnet, den es gibt, da er jungen Ziegen und Lämmern die Augen aushacken soll, um sie zu fressen. Das Volk erzählt sich viele märchenhafte Züge von der List des Raben. Er soll an quellenarmen Orten, wenn er einen von Schnittern auf dem Feld zurückgelassenen Krug nur halb mit Wasser gefüllt findet, Steine hineinwerfen und die Flüssigkeit zum Steigen bringen. Nach Viera nehmen die Raben, wenn sie sehen, daß man ihnen die Eier rauben will, Steine in ihre Fänge und lassen sie, in hoher Luft schwebend, auf die Köpfe der Angreifer herabfallen.

Der kanarische Turmfalk (Cerchneis tinnunculus canariensis) bildet eine besondere Subspezies, die durch die lebhafte Färbung des Männchens sowie das besonders dunkle Kolorit und die auffallend bläuliche Schwanzfärbung des Weibchens sich von der viel blasser gefärbten typischen Form des Festlandes unterscheidet, die auch größer und stärker im Habitus ist. Es ist diese Ausbildung einer besonderen Form auf den Kanaren nicht zu verwundern, da der Turmfalk zu den Vögeln gehört, die überhaupt eine besonders starke Neigung zur Abänderung und Artbildung besitzen. In der Lebensweise unterscheidet sich der kanarische Vogel jedoch kaum von unserer europäischen Form. Er liebt felsige Gegenden, Täler und schroffe Felswände und baut sein Nest aus dürren Zweigen und kleinen Stecken unter überhängenden Klippen in den Barrancos. Es ist fast immer dadurch unzugänglich, daß der Felsen unter ihm konkav zurückweicht. Der Turmfalk frißt Mäuse, Eidechsen, Grillen und Heuschrecken und fängt besonders Eidechsen sehr geschickt, sogar große ausgewachsene Exemplare von Lacerta galloti. Auch stößt er auf Milane und Raben. Er ist im ganzen kanarischen Archipel als Standvogel außerordentlich verbreitet, selbst auf den baumlosen Wüstenflächen Fuerteventuras. Bolle schoß ihn häufig in der Ebene von La Oliva, wo man in hohen, heuschoberartigen, mit Stroh bedeckten »Pajeros« die Weizenernten jahrelang aufzubewahren pflegt. Jeder dieser Kegel war fast beständig mit einem Falkenpärchen besetzt, das von dort aus den Heuschrecken und Feldmäusen auflauerte. Nicht selten sah Bolle sie auch in den Kronen der Gartenbäume. In der Gefangenschaft wird der

Turmfalk bald sehr zahm. Die Eier der kanarischen Form sind ein wenig schwächer in den Maßen als die der europäischen und variieren ungemein in der Färbung. Der auf Madeira lebende Turmfalk gehört ebenfalls zu der klimatischen Subspezies canariensis.

Gegen halb drei Uhr kam ich in der Ermita de la Nieves an. Dieser Wallfahrtsort liegt 1250 m über dem Meere am Rand des Waldes auf einem freien Platz und besteht aus einer Kapelle und einem kleinen Schuppen ohne Tür und mit halb verfallenem Dach. Nur einige größere Steine und Eselmist bedeckten den Boden des Schuppens, in dem ich zu übernachten gedachte. Ich suchte mir Reisig zusammen und bereitete mir in einer Ecke der Hütte ein Lager, das ich an den beiden offenen Seiten mit großen Steinen verbarrikadierte. Dann setzte ich mich vor den Eingang der Hütte und überließ mich meinen Gedanken. Über mir war klarer Himmel und Sonne, im Tal verdüsterte es sich bald, bald hellte es sich wieder auf, Wolkenschleier zogen vorüber, und nach und nach verdichteten sich die Wolken zu einem undurchdringlichen Nebel, der das ganze Tal einhüllte, und auch über mir umzog sich der Himmel.

Ich durchwanderte die Umgebung der Ermita und sammelte Pflanzen und kleines Getier. Die Abhänge oberhalb und unterhalb des freien Platzes, auf dem die Ermita steht, waren mit Baumheide (Erica arborea), Kirschlorbeer (Myrica faya) und Juagarzo (Cistus monspeliensis) bewachsen, von denen lange Bartflechten (Usnea plicata) herabhingen. Der Boden war mit Kräutern und Flechten überzogen, und auch einige Pilze standen dazwischen. Unter den Kräutern war besonders die Acker-Nolde (Sherardia arvensis), die mit dem Waldmeister verwandt ist und bei uns als gemeines Ackerunkraut besonders auf Kalk- und Tonboden vorkommt, häufig. Von Flechten wuchsen auf der bloßen Erde innig vermischt die aus zarten, gelben Fäden bestehenden Lager von Theloschistes flavicans, die silbergrauen, blattartigen Lager von Anaptychia leucomelaena und die zierlichen Becher der kosmopolitischen Cladonia pyxidata. Die Steine waren überzogen mit den weißen und gelblichen Krusten von Porenflechten (Pertusaria spec. und P. sulphurea), den bräunlichen, durch die schüsselförmigen Fruchtkörper weißgefleckten Krusten der Parelle-Flechte (Ochrolechia parella), die in Frankreich zur

Bereitung eines roten Farbstoffes, der Parelle oder Erdorseille benutzt wird, und den grauen, mit schwarzen Fruchtkörpern bedeckten Krusten einer Scheibenflechte, die Steiner als eine neue Art (Lecidea lavicola) erkannte.

Unterhalb der auf dem bewachsenen Boden umherliegenden Steine waren, besonders der breite Schwarzkäfer Pimelia costipennis, die durch ihren braunen Vorderkörper und glänzend schwarzblauen Hinterleib auffallende Ameise Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und die braune Rasenameise (Tetramorium caespitum subsp. punicum) sehr häufig. Außerdem erbeutete ich die peregrinen Regenwürmer Helodrilus caliginosus var. trapezoides und H. chloroticus, die Asseln Porcellio scitus und Metoponorthus pruinosus, mehrere Larven und erwachsene Exemplare des großen Ohrwurmes Anisolabis maxima, den großen schwarzen Kurzflügler Staphylinus olens, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, ziemlich viele Exemplare von Caracollina discobolus und sechs Exemplare der kleinen, schwarzen Nacktschnecke Amalia gagates. Ab und zu huschte ein Skink (Chalcides viridanus) beim Aufheben eines Steines davon.

Schon um sechs Uhr suchte ich mein Reisiglager auf, ohne jedoch einschlafen zu können. Es war nach und nach kalt geworden, und die Kälte verhinderte mich am Schlaf. Ich stand wieder auf und versuchte ein Feuer anzuzünden; das feuchte Reisig wollte aber nicht brennen, sondern glimmte nur etwas und verbreitete einen scheußlichen Geruch. Nach einer Viertelstunde gab ich den Versuch auf und legte mich wieder auf mein kaltes Lager. Meine Füße, die vorher wie Feuer gebrannt hatten, waren jetzt zu Eisklumpen erstarrt, und ich machte vergebliche Anstrengungen, sie zu erwärmen. Ab und zu nickte ich ein, wurde aber bald durch die Kälte oder durch das Poltern auf dem Dach, das wohl von verwilderten Katzen herrührte, wieder aufgeschreckt. Einmal erwachte ich durch einen schweren Druck auf meinen Arm, ich fuhr in die Höhe und sah ein größeres Tier, wahrscheinlich eine Katze, den Eingang des Schuppens verlassen. Als der Morgen dämmerte bereitete ich mir ein Frühstück aus Brot und Käse, die vom Liegen auf dem Boden ganz feuchtkalt geworden waren, raffte meine Sachen zusammen und eilte so rasch wie möglich vorwärts, um mich zu erwärmen. Ich kam zunächst durch niederen Heidewald und tief

eingeschnittene, moosbedeckte Hohlwege, die von Heidebäumen überwölbt waren. Als ich aus einem solchen Hohlweg auf eine mit Juagarzo bewachsene Lichtung hinaustrat, tauchte plötzlich der riesige Erosionskegel des Roque de Agando vor mir auf, um bald wieder im Nebel zu verschwinden. Der Weg führte dann über den Barranco de Agando und dicht an dem gleichnamigen Roque vorbei. Am Fuß dieses Felskolosses weideten langwollige Schafe und braune Ziegen. Zur Rechten tauchte der gerundete Kegel des Roque de Ojila aus dem Nebel auf, und ich wanderte auf einem Grat zwischen zwei Barrancos entlang, den Roque de Agando zur Linken, den Roque de Ojila zur Rechten. Die Vegetation bestand hauptsächlich aus Juagarzogesträuch.

Gegen sieben Uhr betrat ich den höheren Lorbeer- und Heidewald, den ich dann stundenlang nicht wieder verließ. Hier kreuzten sich die Pfade nach allen Richtungen, und ich kam bald vom richtigen Wege ab, konnte mich aber durch zwei Männer, die auf Eseln dahertrabten, wieder zurechtweisen lassen. Ich bestieg eine kleine Anhöhe, von der aus ich einen prachtvollen Anblick genoß: über mir war blauer Himmel, und unter mir breitete sich ein endloses, wogendes Nebelmeer aus, über das nur der spitze Zacken des Roque de Agando wie eine Insel emporragte. Später sammelte ich im Wald unter Steinen, hatte aber eine sehr spärliche Ausbeute. Ein schwarzer Tausendfuß, eine kleine Spinne (Dysdera macra), einige kleine Käfer und ein junges Exemplar der Glasschnecke Vitrina lamarcki war alles, was ich erhielt.

Im weiteren Verlauf meiner Wanderung verfolgte ich den Hauptweg, der nach Alajero führt, zu weit und verlor dadurch mehrere Stunden. Ich kam an einen Bach, in dessen Umgebung der aus stark zersetzten, gelben und roten Tuffen bestehende Boden durch die Regenwasser tief durchfurcht war, und mußte hier umkehren, da der Pfad beständig bergabwärts führte. Erst nach längerer Zeit begegnete ich zwei Männern aus Alajero, von denen mich der eine auf sehr verwickelten Pfaden, die ich allein sicher nicht gefunden hätte, bis zur Laguna grande brachte. Zur Linken sah ich den bewaldeten Rücken des Alto de Garajonay, und wir kamen auch an der Stelle vorbei, wo sich der Weg zum Gipfel abzweigt; es war aber für den Aufstieg bereits zu spät geworden, und ich mußte schweren Herzens darauf verzichten.

Die Laguna grande ist ein alter Kraterboden mitten im Wald, eine große, ziemlich ebene Fläche, bedeckt mit grünem Rasen, vertrocknetem Adlerfarn und großen, zerstreut umherliegenden Steinen, von Heidesträuchern und Heidebäumen rings begrenzt. Auch hier wendete ich die Steine um uud fand außer den Käfern und Ameisen, die ich bereits bei der Ermita de las Nieves gesammelt hatte, zahlreiche Exemplare der auf Gomera häufigen Spinne Callilepis moebii.

Gegen zwei Uhr zog der Nebel herauf, ein feiner Sprühregen begann, und ich verließ die Laguna. Der sehr schlechte Weg abwärts führte durch prachtvollen Wald und feuchte, moosbedeckte Schluchten mit Farnkraut und Hauslaubrosetten. Den Boden bildete ein äußerst stark zersetzter, braunroter Tuff, und an den Hängen trat ein zersetzter, brauner Tuff mit hellen Flecken und Manganbelag zutage. Nach einer guten Stunde wurde der Roque del Valle, halb vom Nebel verschleiert, sichtbar. Ich gelangte in den Barranco del Ingenio, ein sehr fruchtbares Tal, wo ein Bach in einem tiefen Einschnitt dahinbraust, und passierte das malerisch gelegene Dorf Puestelagua mit seinen früchtetragenden Orangenbäumen, Ñames- und Bananenfeldern. Nach Überschreitung des Baches ging der Pfad hoch über diesem an Felswänden vorbei, wo der silbergraue kanarische Beifuß (Artemisia canariensis) stark vertreten war. Als ich gegen fünf Uhr in Valle Hermoso ankam, sah ich, daß Karneval gefeiert worden war. Die Straße war mit Konfetti bestreut und fast jeder Mensch mit Mehlstaub bedeckt. Später hörte ich von meiner Schwester, daß auch in San Sebastian drei Tage lang der Karneval in ziemlich roher Weise begangen worden war; die Burschen hatten die Mädchen mit Wasser übergossen und was dergleichen Scherze mehr waren. Ich freute mich, diesem Treiben durch die Flucht in die Wälder entgangen zu sein.

Am nächsten Tage regnete es ununterbrochen, und ich blieb in der Fonda, um mich etwas auszuruhen. Zugleich gab ich aber meine ursprüngliche Absicht, zu Schiff nach San Sebastian zurückzukehren, auf und beschloß einen zweiten Versuch zur Besteigung des Alto de Garajonay zu machen. Ich wollte diesmal in einem einzigen Tage die Insel durchqueren, denn an eine zweite Übernachtung in der Ermita de las Nieves war nicht zu denken. Ich übergab meinen Rucksack einem Mann, der mit

dem Fruchtdampfer nach San Sebastian fuhr, um so leicht geschürzt wie möglich dahinschreiten zu können, und brach am Mittwoch, den 4. März, nachts halb vier Uhr, mit der Laterne in der Hand von Valle Hermoso auf. Einige Sterne waren am Himmel sichtbar, aber auf den Bergen hingen Wolken. Tiefe Stille umgab mich, nur das Plätschern des Baches war zu hören. Anfangs bot der Weg keine Schwierigkeiten, nach einer halben Stunde aber geriet ich in die Felder und den Bach hinein, so daß ich umkehren mußte. Glücklicherweise fand ich bald den richtigen Pfad wieder und schritt rüstig auf ihm bergan, zuweilen vom Bellen der Hunde aufgeschreckt. Ich hatte verschiedene Anhaltspunkte für den Weg: ein einsames Haus, vor dem zwei Tage vorher eine Karnevalsgesellschaft mit einem kostümierten Esel versammelt war, den Abhang mit den zahlreichen Beifußsträuchern, einen kleinen Wasserlauf zur Seite des Weges, bei dem der Bach zu überschreiten war, und einige Orangenbäume am Ausgang des Dorfes. Die Umrisse der schwarzen Berge traten allmählich deutlicher hervor. Um sechs Uhr hatte ich einen schönen Blick rückwärts auf Valle Hermoso. Zu meinen Füßen lag ein grünes Tal, von mehreren Bergrücken überragt, über die sich der Roque del Valle erhob, scharf sich abhebend von dem blauen Stück Himmel, das über dem Meere in einer geraden Linie von einer dunkeln Wolkenbank abgeschnitten wurde. Tief unten erblickte ich die weißen Häuser des Ortes und hinter ihnen die steile, von der Sonne beleuchtete Talwand.

Ich durchwanderte wieder den frischen, grünen Wald. Alles strotzte von Feuchtigkeit, leider regnete es aber auch ununterbrochen. Um sieben Uhr erreichte ich die Laguna grande, und jetzt erst begannen die eigentlichen Schwierigkeiten. Ich hatte mir auf dem Hinweg den Verlauf der Höhen des Alto de Garajonay gemerkt und gehofft, mich danach orientieren zu können. Aber leider hüllte sich jetzt alles in dichten Nebel ein, und von dem Höhenzug war nichts zu sehen. Ich geriet wiederum vom Wege ab und hatte mich bald vollständig verirrt, hielt aber mit Hilfe des Kompasses so gut wie möglich die Richtung ein. Ich hörte das Läuten von Viehglocken, kam an Schaf- und Ziegenherden vorbei, vernahm auch aus der Ferne das Pfeifen von Menschen, aber niemand war in dem undurchdringlichen Nebel zu sehen. Nach längerem Umherirren kam ich wieder

auf einen guten Weg, der beständig in südlicher Richtung führte und auf dem viel Eselmist die Hoffnung erweckte, einem Menschen zu begegnen. Plötzlich kam mir die Gegend bekannt vor, und ich stand an der markanten Stelle, wo der Pfad nach der Höhe des Alto de Garajonay abzweigt. Gerade hier begegnete ich auch einem Manne, bei dem ich mich vergewissern konnte, daß ich mich nicht geirrt hatte. Und um das Maß der Freuden voll zu machen, brach in diesem Augenblick die Sonne durch den Nebel, ohne allerdings lange den Sieg zu behaupten.

Von nun an war die Besteigung des Alto ein Kinderspiel. Der gute Pfad führte durch unvermischten Heidewald, der aus grotesk gestalteten, von Moosen und Flechten überwucherten Heidebäumen bestand. Neben den Büscheln der Bartflechte (Usnea spec.) wuchsen an den Stämmen die gelben Fäden von Thelaschistes flavicans und die runden, beiderseits weißlich glänzenden Lager der Tartschenflechte (Cetraria glauca var. fallax). Das schöne Astmoos Antitrichia curtipendula bildete mächtige hellgrüne Rasen, mit denen die kleinen, dunkelgrünen, steifästigen Büsche des Lyellschen Goldhaarmooses (Orthotrichum lyelli var. crispatum) kontrastierten. Auch auf dem Boden breitete sich das Astmoos Antitrichia curtipendula aus, und zwischen seinen grünen Bäumchen bemerkte man als helle Flecken die blattartig ausgebreiteten Lager der Flechte Lobarina serobiculata. Über den Moosteppich erhob der Adlerfarn (Pteris aquilina) seine breiten Wedel. An der höchsten Stelle des Pfades, die ich gegen neun Uhr früh erreichte, befindet sich ein kleiner freier Platz, umgeben von alten Heidebäumen. In der Wurzelnische eines solchen stand ein kleines Holzkreuz, das fromme Hände mit Heidesträußchen geschmückt hatten.

Ich verfolgte den Weg noch eine Strecke weit und gelangte an eine freiere, nur mit wenigen Bäumen bestandene, mit Rasen und großen Steinen bedeckte Stelle. Da wo der Boden nackt war, bestand er aus einem gelben, schwarzgesprenkelten, ziemlich stark zersetzten Tuff. Hier verweilte ich längere Zeit und sammelte kleines Getier unter den umherliegenden Steinen, was bei dem herrschenden Nebel, Sturm und Regen mit Schwierigkeiten verbunden war. Die Assel Porcellio scitus, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Geophilus carpophagus, die Spinnen Eresus niger, eine in Europa weitverbreitete Art, Drassodes lapi-

dosus, eine ebenfalls häufige europäische Spezies, Callilepis moebii, Gnaphosa canaricola und Tarentula kulczynskii var. gomerae, der Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, ein Laufkäfer der Gattung Ophonus, die Schwarzkäfer Hegeter amaroides und Pimelia costipennis, ein Rüsselkäfer, zwei große Käferlarven, einige große schwarze Ameisen und ein Exemplar von Lacerta galotti bildeten meine Ausbeute.

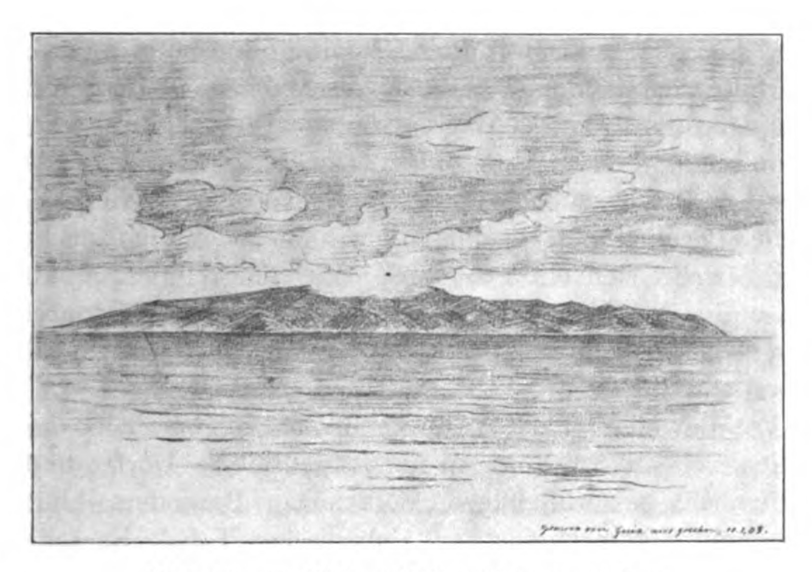
Sodann erkletterte ich ohne Pfad den höchsten Punkt des Alto de Garajonay und Gomeras überhaupt. Ich betrat einen freien, aber unebenen Platz, in dessen Mitte sich eine Erhöhung mit zwei aus moosbewachsenen Lavablöcken aufgetürmten Steinhaufen befand. Von hier aus überschaut man bei klarem Wetter die ganze Insel mit ihren zahllosen, nach allen Richtungen von der Höhe zur Küste herabsteigenden Barrancos, was ein eigenartiger Anblick sein muß. Mir ging er leider ganz verloren, denn ich sah nur eine einzige, undurchdringliche Nebelmasse.

In der Nachbarschaft der höchsten Stelle des Berges bestand der Felsboden aus grauer, dichter, stark feldspathaltiger Lava. Heidebäume mit ungeheuren Moosbärten bildeten den Wald, dazwischen aber bemerkte ich zu meinem Erstaunen ein kleines Wäldchen von Euphorbia berthelotii. Die Bäumchen dieser Wolfsmilch standen in Blüte, und ihre Äste waren ganz mit Moos (Orthotrichum lyelli var. crispatum) und Flechten überwuchert, was einen eigentümlichen Anblick gewährte, da man bei dieser Pflanze einen solchen Schmuck nicht gewöhnt ist. Schon im Jahre 1867 hat v. Fritsch auf das Vorkommen dieser Wolfsmilch, die er für Euphorbia regis jubae hielt, an diesem außergewöhnlichen Standort hingewiesen, indem er schrieb: »Auf dem höchsten Gipfel (circa 1340 m) wächst noch ein kümmerliches, moosbewachsenes Exemplar einer Pflanze, die man sonst nur in der Nähe der Küste sieht, hier zwischen Lorbeeren und Erica, eine Euphorbia regis jubae.« Ich fand jedoch nicht nur ein einziges kümmerliches Exemplar, sondern wie gesagt ein ganzes kleines Wäldchen kräftiger Bäumchen.

Nachdem ich gegen zwei Stunden auf dem Gipfel des Alto verweilt hatte, eilte ich abwärts. Es war nicht zu verwundern, daß ich mich in dem Labyrinth der Waldpfade noch einmal verirrte. Ein Mann, der ein schwarzes Ferkel auf der Schulter trug, wies mich zurecht, und ich mußte eine beträchtliche Strecke wieder zurück.

Endlich erreichte ich den Weg zwischen Alajero und der Ermita de la Nieves, wo eine Verirrung nicht mehr möglich war. Aber Regen, Sturm und Nebel erschwerten die Wanderung. Als ich an die Stelle kam, wo ich vor zwei Tagen den Zacken des Agandofelsens aus dem Nebel ragen sah, war von dem Felskoloß nichts zu sehen, nur eine uferlose Nebelmasse unter mir, vor mir und über mir. Gegen halb zwei Uhr tauchten die Häuser der Ermita de la Nieves aus dem Nebel auf. Ich fand meine Lagerstätte noch unversehrt vor und machte eine kurze Rast. Der Abstieg kam mir endlos lang vor. Um halb sieben Uhr erreichte ich mein Haus, nachdem ich fünfzehn Stunden in Nebel, Sturm und Regen gewandert war.

Gomera war mir nun genug bekannt. Ich hatte seine Steinwüsten und Oasen, seine wilden Barrancos, seine grandiose Felsenküste, seine rauschenden Bäche und Wasserfälle, seine herrlichen Wälder und seine jammervolle Hauptstadt mit ihrer nicht minder jammervollen Bevölkerung gründlich kennen gelernt. Ich hatte es bei Sonnenschein und glühender Hitze, bei lauer, milder Luft, bei Regen, Sturm und Nebel geschaut. Nun konnte ich es verlassen. In den letzten Tagen sang es uns sein Scheidelied. Ein rasender Sturm toste ununterbrochen dahin, als sollte alles davongeweht werden. Zwei Ziegel wurden nachts von dem Dach unseres Hauses gerissen, und als ich morgens erwachte, sah ich über meinem Bett den blauen Himmel. Vergebens wartete ich auf meinen Rucksack, denn der Fruchtdampfer von Valle Hermoso lief wegen des Sturmes nicht ein, und ich fürchtete schon, die Schätze zu verlieren, die ich auf meiner letzten Inselreise gesammelt hatte. Doch alles löste sich schließlich zur Zufriedenheit. Der Sturm legte sich, der Fruchtdampfer lief ein, der Rucksack kam zurück, und voll Hoffnung sahen wir der Stunde der Heimkehr entgegen.



Gomera, von Guia auf Teneriffa aus gesehen

Achtes Kapitel

Von Gomera nach Hamburg

Am Sonntag, den 8. März 1908, wurde unser Haus in San Sebastian geräumt. Eine Schleife entführte meine neun Kisten nach dem Strand, und die Möbel wanderten in die Fonda zurück. Der Tag wurde zu Abschiedsbesuchen benutzt, und abends saßen wir mit einigen Offizieren noch stundenlang in dem kleinen Café des Don Pablo zusammen, bis endlich gegen Mitternacht die Einschiffung erfolgte. Die rauhen Männer, die unser Gepäck besorgt und die wir durch Zurücklassung aller möglichen Haushaltungsgegenstände in große Freude versetzt hatten, drückten uns die Hand zum Abschied. Zum letzten Male wurden wir auf starken Schultern durch die schäumende Brandung des Strandes von San Sebastian getragen, um auf schwankendem Kahn das Schiff zu erreichen, das uns der Heimat wieder näher bringen sollte. Als wir am Montag früh erwachten, waren wir bereits in Santa Cruz de la Palma angelangt, wo wir acht Tage, bis zur Abfahrt des nächsten Dampfers, zu bleiben gedachten.

Die Insel La Palma ist nächst Ferro die westlichste der Kanaren und liegt zwischen dem 28. und 29. Grad nördlicher

Breite. Sie ist von birnförmiger Gestalt, 46 km lang, 27 km breit, und erhebt sich in dem Roque de los Muchachos, dem Knabenfelsen, 2400 m über den Meeresspiegel. Ihr breiterer nördlicher Teil umschließt das tiefste vulkanische Kesseltal der Erde, die Caldera de Taburiente, die der Insel ihre touristische und geologische Berühmtheit verschafft hat. Von der Südostecke der Caldera zweigt sich ein 1300—2000 m hoher Höhenzug ab, der die Insel in der Medianlinie von Norden nach Süden durchzieht und in seinem nördlichen Teil Cumbre nueva, in seinem südlichen Cumbre vieja heißt.

Die Bewohner La Palmas, deren Zahl gegen 42000 beträgt, verteilen sich auf zwei Städte und etwa siebzig Dörfer und sind ein ziemlich gewerbfleißiges Völkchen. Besonders blüht die Tabak- und Zigarrenindustrie. Cubanischer Tabak ist seit alten Zeiten hier angebaut worden, und eine La Palma-Zigarre soll von einer echten Havanna kaum zu unterscheiden sein. Ferner werden Seide und Flachs angebaut und wie die einheimische Schafwolle im Lande selbst verarbeitet. Aus dem Holz der Maulbeerbäume, die man im Interesse der Seidenraupenzucht anpflanzt, werden kleine Fäßchen verfertigt, in denen die Palmenser Wasser und Wein auf ihren Reisen mitnehmen. Dazu kommen hübsche Knüpfarbeiten aus Leinengarn sowie Flechtarbeiten aus Stroh und Gräsern. Charakteristische Trachten findet man nur noch in den abgelegeneren Teilen der Insel, so besonders die Montera, eine eigentümliche Kopfbedeckung der Männer aus Zeug mit langem Nackenschutz und aufgebogenem Vorderrand.

Die Hauptstadt La Palmas hat vom Meere aus gesehen eine ähnliche Lage wie Funchal auf Madeira. Sie liegt gleich ihm in einer muldenförmigen Einsenkung zwischen hohen Bergen, die durch ungleichmäßige vulkanische Aufschüttung entstanden ist. Die vulkanische Tätigkeit war im Bereiche des Gebietes der Mulde für lange Zeiten ganz oder fast ganz erloschen, während sie zu beiden Seiten das Land durch Schlacken- und Lavenausbrüche erhöhte. Südlich der Mulde befinden sich die Reste eines alten Tuffkraters, La Caldereta genannt, von dem nur die westliche Umwallung stehen geblieben ist, während die östliche durch die Einwirkung der Brandung und der Niederschläge zerstört wurde. Dadurch erhält man von der Seeseite aus einen

interessanten Einblick in den inneren Aufbau des Kraters, dessen westlicher Rand etwa 300 m hoch ist und von Süden und Südwesten her die Stadt beherrscht. Nach Reiß stand der Kegel ursprünglich wohl als Insel oder Halbinsel im Meer und wurde erst später durch die von oben kommenden Laven mit der Hauptmasse La Palmas verbunden. Ähnlich gebildete Kegel finden sich häufig längs der azorischen Küsten und auf den Galapagosinseln, wo ihre Natur und Entstehungsweise zuerst von Darwin beschrieben wurde.

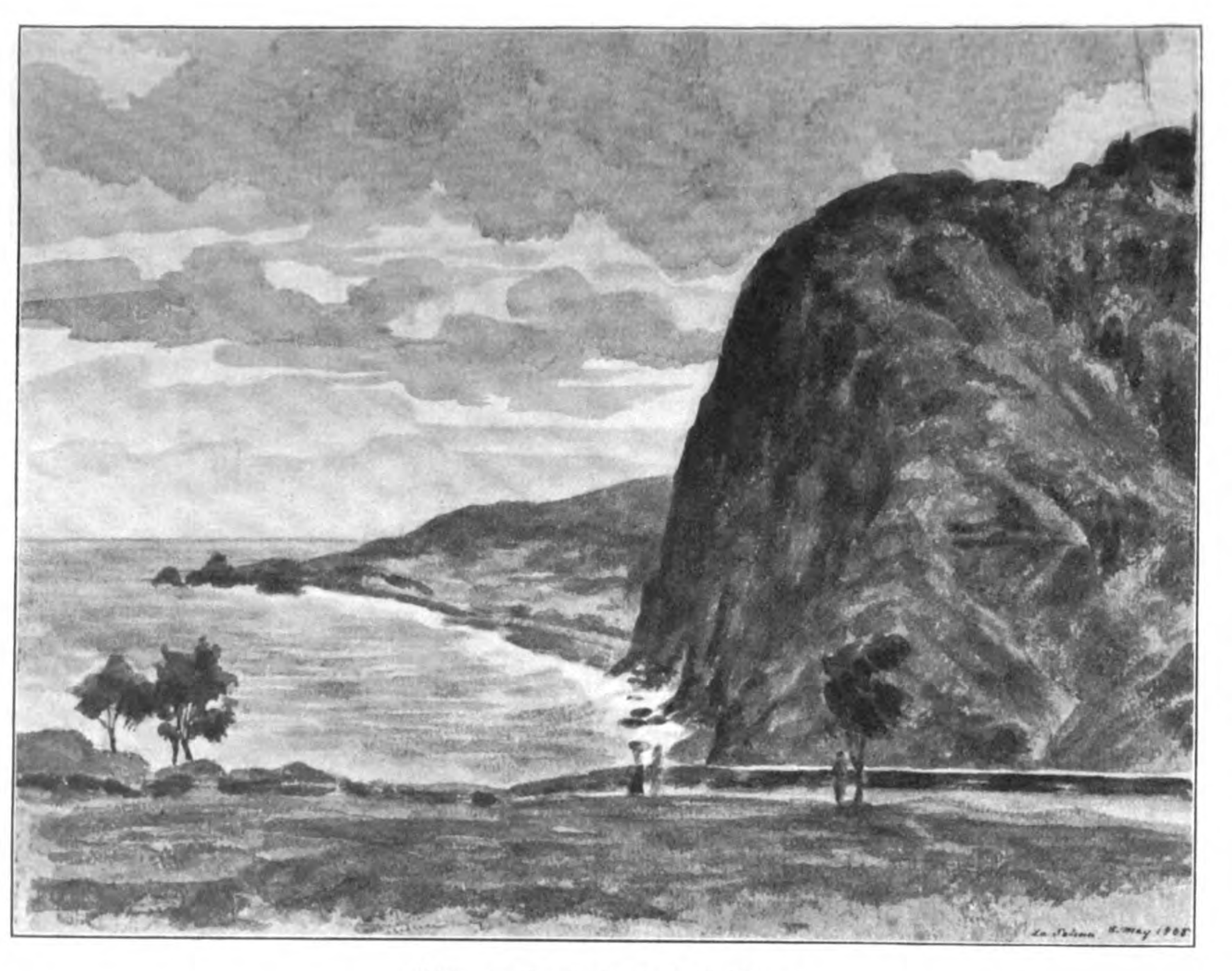
Als wir im Hafen von Santa Cruz de la Palma landeten, wurden wir von dem deutschen Kaufmann, der mir aus den ersten Tagen meines Aufenthalts auf Gomera noch in leuchtender Erinnerung stand, begrüßt. Er führte uns in das Hotel Internacional, eine Fonda, die einer bedeutend höheren Kulturstufe angehörte, als das elende Gasthaus in San Sebastian. Ich unternahm alsbald eine Wanderung durch die Stadt und ihre nächste Umgebung.

Santa Cruz de la Palma zählt etwa 7000 Einwohner. Die Straßen sind eng und mit Rollsteinen gepflastert, die die Brandung gerundet hat. Die Hauptstraße verläuft parallel mit dem Strande und heißt in ihrem südlichen Teil O'Daly, ein Name, der sich aus der großen Zahl von Irländern erklärt, die sich hier angesiedelt haben. Sie zeichnet sich durch ihren Reichtum an Läden und Schaufenstern aus. An den Häusern fallen zahlreiche Gitterbalkone mit schönen Holzschnitzereien auf; im übrigen besitzt aber die Stadt kein Gebäude von besonderem architektonischen Wert, etwa von dem Rathaus mit seiner reich verzierten Bogenfassade aus dem 16. Jahrhundert abgesehen. Es war das einzige Gebäude, das im 17. Jahrhundert übrig blieb, als Santa Cruz durch französische Piraten eingeäschert wurde. In der Mitte der Stadt erhebt sich der Circo de Marta, ein kreisförmiges Gebäude, in dem Hahnenkämpfe abgehalten werden, an denen die Einwohner lebhaften Anteil nehmen und bei denen sie die unsinnigsten Wetten eingehen. Am nördlichen Ende von Santa Cruz befindet sich die Plaza Alphonso XIII mit steinernen Bänken unter alten Lorbeerbäumen. Hinter ihr beginnt der Barranco de la Madera, an dessen Mündung ein steinernes Schiff liegt. Alle fünf Jahre findet hier im April ein großes religiöses Fest statt, zu dem Wallfahrer aus der ganzen spanischen Welt herbeiströmen.

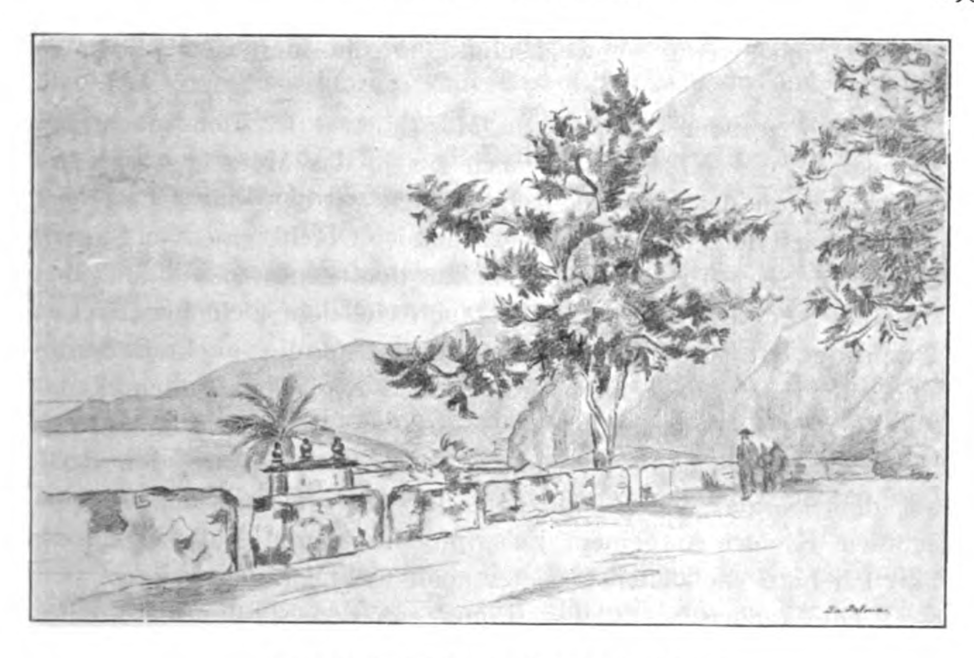
Bei dieser Gelegenheit wird das Schiff aufgetakelt und das Bild der Virgen de las Nieves aus einer weiter oben gelegenen Kapelle in Prozession zur Stadt getragen, um nach zwei Monaten am Ende der Festlichkeiten wieder in die Kapelle zurückgebracht zu werden. Noch weiter nördlich dehnt sich der große Exerzierplatz aus, wo sich die Reste eines alten Kastells befinden, von denen aus man einen schönen Blick auf das Meer genießt. Durch ein altes steinernes Tor gelangte ich auf einen Weg längs des Strandes, der auf der Landseite durch eine Tamariskenhecke begrenzt war und mich bis zu dem höhlenreichen Barranco Carmen führte.

Am zweiten Tage meines Aufenthalts in der Hauptstadt La Palmas besuchte ich das kleine naturhistorische Museum, das gegenüber dem Rathaus neben der Hauptkirche steht. Es enttäuschte mich etwas. Wertvoll erschien mir nur der Schrank mit Guanchenreliquien, in dem neben Schädeln und Knochen schön ziselierte Tonurnen, Mühlsteine zum Mahlen von Mais, hölzerne Sicheln, steinerne Messer, knöcherne Nadeln, Köcher für Nähutensilien, kugelige Wurfsteine, Halsbänder aus Tonringen und geflochtene topfförmige Hüte der kanarischen Urbevölkerung ausgestellt sind. Die in den übrigen Schränken enthaltenen Tiere, unter denen die Vögel und Seetiere vorherrschten, waren meist schlecht konserviert und geordnet. Eine besondere Lokalsammlung fehlte, doch waren natürlich die auffallenderen einheimischen Formen vertreten, so auch die große Eidechse (Lacerta simonyi) der Roques del Zalmor bei Ferro, die ich hier zum ersten Male sah. Eine Sammlung von Samen kanarischer Pflanzen und ein Schrank mit kanarischen Laven waren die einzigen Anzeichen eines schwachen Interesses der Museumsleiter an der besonderen Aufstellung heimischer Naturprodukte. An der Wand des Saales hing ein Bild des Castillo de San Miguel, dessen Reste ich am Tage zuvor besichtigt hatte.

Nach dem Besuche des Museums wanderte ich mit meiner Schwester durch die höher gelegenen Teile der Stadt, zu denen sehr steile Straßen emporführen. Wir saßen längere Zeit auf einer Bank der Plaza de Santo Domingo unter Palmen und Lorbeerbäumen vor einem Springbrunnen, um die Annehmlichkeiten der Zivilisation wieder zu genießen. Nachmittags gingen wir an den Blockstrand südlich von der Stadt, wo eine mächtige



Küste bei Santa Cruz de la Palma



Landstraße bei Santa Cruz de la Palma

Brandung sich am Fuß einer hohen, steilen, dem Wall des Tuffkraters La Caldereta angehörenden Felswand bricht. Am Abend traf ich die Zurüstungen zu einer mehrtägigen Bereisung der südlichen Inselhälfte.

Schon der erste Tag dieser Reise bereicherte mich mit vielen neuen Eindrücken. Ich wanderte auf der schönen Landstraße, die sich längs der Ostküste der Insel hinzieht, zu Fuß bis Fuencaliente. Die Straße ist nächst der Stadt in hohe Basaltfelsen mit regelmäßigen Säulenbildungen eingesprengt, führt zuerst innerhalb des Tuffkraters in Windungen aufwärts bis Buenavista, dem höchsten Punkt des Kraterrandes, und verläuft dann ziemlich horizontal. Bis in die Nähe des Ortes Mazo, der etwa vier Stunden südlich von Santa Cruz liegt und aus mehreren Häusergruppen nebst einer Windmühle besteht, finden sich zahlreiche Eukalyptusbäume zu beiden Seiten der Chaussee; dann wird diese kahl, und der Wanderer überschaut ein weites, von grünen Feldern bedecktes, nach dem Meer zu sanft abgedachtes Gefilde. Unter den Sträuchern wird die Tabayba vorherrschend, unter den blühenden Kräutern fällt besonders der Natternkopf Echium plantagineum auf. Einzelne Feigen- und Orangenbäume

bringen nur wenig Abwechselung in die hier ziemlich kahle Gegend.

Vier Stunden südlich von Mazo betrat ich den mächtigen Lavastrom von Villaflor, der sich bis in das Meer ergossen hat und jetzt von der Straße durchschnitten wird. Seine Oberfläche gleicht, nach dem treffenden Ausdruck von Reiß, einer im Sturme erstarrten See. Er gehört sicher zu den neuesten vulkanischen Erzeugnissen der Insel, wenn er auch vielleicht nicht historischen Ursprungs ist. Südlich von diesem vollständig nackten Strom sind die Laven mit einem prachtvollen Kiefernwald, dem kanarischen Pinar, bedeckt. Auf Gomera fehlt diese Vegetationsformation, abgesehen von einem uralten Kiefernbaum, den Bolle auf dem Roque de Agando sah, und einer malerischen Gruppe schöner Kiefern auf einem Felsgipfel im oberen Valle Hermoso, und ich hatte sie daher bis jetzt noch nicht kennen gelernt.

Die kanarische Kiefer (Pinus canariensis), die ohne alles Unterholz sich aus dem nackten Lavaboden haushoch erhebt, bietet mit ihren meterdicken Stämmen, ihren wirtelförmig angeordneten, horizontal weit abgespreizten Ästen, die vom Boden an beginnen, und ihren 20—27 cm langen, hellgrünen Nadeln, von denen stets drei zu einem Büschel vereinigt sind, einen prachtvollen Anblick. Hans Meyer hat sie mit Recht ein Wunder der vegetativen Kraft und Zähigkeit genannt. Denn sie ist fähig auf dem humuslosen Laven- und Schlackenboden zu gedeihen, wo der Nebel genügt, um sie zu bewässern. Die endständigen Quasten der langen und feinen Nadeln sind nach Schenck ausgezeichnete Nebelfänger, von denen die kondensierten Tropfen rasch ablaufen können. Infolge dieser Anspruchslosigkeit der kanarischen Kiefer in bezug auf den Boden sowie infolge ihrer großen Regenerationskraft, reichlichen Samenbildung und leichten Keimfähigkeit ersetzt sich der Pinar leicht, wenn er niedergeschlagen worden ist, und ist daher trotz der schändlichen Waldverwüstung auf den Kanaren noch in großer Ausdehnung erhalten. Besonders auffallend ist beim ersten Anblick dieser herrlichen Vegetationsformation außer der Form und Farbe der Nadeln, die infolge ihrer leichten Beweglichkeit und geringen Flächenausdehnung vor dem Zerreißen durch den Wind geschützt sind, der weite Abstand der einzelnen Bäume voneinander und der Mangel an Unterholz. Es sind dies Eigentümlichkeiten, die

sich auch in den Nadelwäldern anderer trockener Gebiete finden und sich daraus erklären, daß das Wurzelsystem eines jeden Baumes sich über eine gewisse Fläche rings um den Hauptstamm ausbreitet und bei spärlicher Wasserzufuhr durch Aufsaugen aller Feuchtigkeit das Aufkommen junger Bäume sowie des Unterholzes verhindert. Der Boden des Pinars ist mit einer Schicht rotbrauner Nadeln bedeckt, die austrocknen, ohne Humus zu bilden. Auch findet man hier zahlreich die abgefallenen, geöffneten Zapfen, die nach Schencks Angabe 10—17 cm lang werden. Ich bewahre in meiner Sammlung einen Zapfen von 12 cm Länge und 29 cm Maximalumfang. Das feste, kienige Holz des Baumes ist sehr haltbar und daher ausgezeichnet als Bauholz, Schiffsholz, zur Herstellung von Rudern, Fässern und dergleichen.

Die nächsten Verwandten der kanarischen Kiefer kommen in Nordamerika und Mexiko vor. Sie gehören zu der Sektion Ponderosae, die durch dreinadelige Blattbüschel charakterisiert ist. In Europa ist diese Sektion jetzt ausgestorben, war aber zur Miocänzeit vorhanden. Die kanarische Kiefer existierte damals im östlichen Spanien und ist von dort wohl durch Vermittlung von Vögeln zu den kanarischen Inseln gelangt, gehört also auch zu den tertiären Relikten. Als Vermittler der Samenverbreitung kommen zwei Standvögel des Pinars in Betracht: der große Buntspecht und der Teydefink.

Der große Buntspecht ist der einzige Specht, der auf den Kanaren vorkommt. Er wird von Koenig als eine besondere Varietät (Dendrocopus major canariensis) aufgefaßt, die sich hauptsächlich durch die dunklere Unterseite von der europäischen Form unterscheidet. Er sucht die Stämme der Kiefern nach Insekten ab und klaubt die Samen aus den Zapfen heraus.

Der Teydefink (Fringilla teydea), von den Eingeborenen Pajaro de la Cumbre genannt, wurde erst im Jahre 1825 von Berthelot für die Wissenschaft entdeckt und von ihm als der Vogel Armidas bezeichnet. Das Männchen besitzt eine schöne mattblaue Grundfarbe, das Weibchen ist rotbraun. Beide Geschlechter haben weiße Binden auf den Flügeln. Über den Aufenthaltsort und die Lebensweise dieses seltenen und scheuen Vogels hatte man lange Zeit durchaus unrichtige Ansichten. Man hielt ihn für einen Bewohner der Ginsterregion des Piks

von Teneriffa, wo er sich von den Samen des Ginsters ernähren und sein Nest in den Ginsterbüschen anlegen sollte. Die Abbildung in der großen kanarischen Naturgeschichte von Webb und Berthelot stellt das Männchen auf einem Ginsterzweig sitzend dar. Koenig, der im Jahre 1889 eine Reise nach den kanarischen Inseln unternahm, hauptsächlich um die Lebensweise des Teydefinken zu erforschen, hat jedoch gezeigt, daß dieser Fink ein permanenter und ausschließlicher Bewohner des Pinars und wie der Buntspecht ganz auf die Kiefer angewiesen ist. Seine Nahrung besteht fast gänzlich aus den Samen der kanarischen Kiefer, und sein Schnabel, der von starken Muskelbändern umgeben und an der Basis enorm umfangreich ist, nach vorn aber spitz ausläuft, scheint wie dazu geschaffen, die Zapfen auszuklauben. Auch das Nest wird auf der Kiefer angelegt; die frühere Angabe über die Nestanlage im Ginstergebüsch beruhte auf einer Verwechslung mit dem Würger Lanius algeriensis. Bis jetzt ist der Teydefink nur aus dem Pinar des Piks von Teneriffa bekannt; Koenig hält es jedoch nicht für unmöglich, daß er auch auf La Palma vorkommt, und wenn man die großen Schwierigkeiten bedenkt, die dieser Forscher zu überwinden hatte, um den Vogel aufzuspüren, so kann man sich sehr wohl denken, daß der Fink sich auch im Pinar von La Palma findet, ohne bis jetzt dort von einem Naturforscher beobachtet worden zu sein.

Nach Durchwanderung des Pinars südlich von Villaflor gelangte ich um halb fünf Uhr nachmittags nach Fuencaliente, dem südlichsten Orte La Palmas. Da eine Fonda dort nicht existiert, so sprach ich in einer kleinen Tienda vor und bat die Besitzerin um ein Nachtquartier. Die gewissenhafte Frau antwortete mir, ein gutes Quartier könne sie mir nicht anbieten, was allerdings auch der Wahrheit entsprach, denn ich erhielt ein winziges, fensterloses Gemach, in dem vorher die Hühner gegackert hatten. Um so besser war das Essen, das mir unter fortwährenden Entschuldigungen, daß nichts Besseres da sei, vorgesetzt wurde; und eine wahre Delikatesse bildeten die schmackhaften Makronen, wegen deren Fuencaliente berühmt ist und von denen ich mir nicht genug auf die Wanderung des nächsten Tages mitnehmen konnte. Während der Mahlzeit beschnupperte ein kleines schwarzes Ferkel meine Füße.

Fuencaliente hat seinen Namen von einer heißen Quelle erhalten, die früher in seiner Nähe existierte und als heilkräftiges Bad benutzt wurde. Sie fiel jedoch den gewaltigen vulkanischen Ausbrüchen zum Opfer, die Ende 1677 und Anfang 1678 Fuencaliente heimsuchten. In einem Manuskript des Licentiaten Don Juan Pinto de Guisla in Palma, das am 17. Januar 1678 aufgesetzt ist und noch jetzt in Teneriffa aufbewahrt wird, ist der Verlauf dieser Ausbrüche und der mit ihr verbundenen Erscheinungen ausführlich beschrieben, und Leopold v. Buch hat uns danach eine lebendige Schilderung dieser letzten vulkanischen Betätigungen La Palmas gegeben.

Die ersten Zeichen des ausbrechenden Vulkans waren Erdbeben im südlichen Teil der Insel bei der heißen Fuente santa, die am 13. November 1677 begannen und bis zum 17. fortdauerten. Dann bildeten sich mit großem unterirdischen Getöse mehrere Öffnungen, aus denen sich Geruch von Schwefel und heiße Dämpfe verbreiteten, die größte auf dem Berge Los Corrales. Am selben Tage, gegen Sonnenuntergang, brachen im Verlauf einer Stunde siebzehn Öffnungen am Abhange dieses Berges aus, aus denen dicke, flüssige, glühende Massen hervordrangen, die sich vereinigten und einen gemeinsamen Feuerstrom zum Meere bildeten. Noch höher entstanden drei weitere Öffnungen, aus denen sich ebenfalls ein Lavastrom ergoß, der sich mit dem aus den anderen Öffnungen verband. Ein Arm stürzte sich über die Fuente santa und zerstörte sie für immer. Am 21. November verbreitete die große Öffnung auf dem Berge Los Corrales viel Rauch, vergrößerte sich schnell mit gewaltigem Lärm und warf Flammen und viele glühende Steine aus, so daß durch ihre Aufhäufung um den neuen Krater her der Berg sich bedeutend erhob. Später spaltete sich zwischen diesem Berg und dem Meere die Erde zu neuen Öffnungen, aus denen Lavaströme hervorstürzten, die sich mit den früheren vereinigten. Das Meer wurde dadurch weit zurückgetrieben. Die Flammen aus dem Berge hörten zuweilen auf, dann aber folgte sogleich ein dicker Rauch und ein Ausbruch von einer so ungeheuren Menge Sand, daß die ganze naheliegende Gegend damit bedeckt ward und ein großer Teil des Malpays am Meere aus einem Felsufer zu einem sandigen Strand, zu einer Playa verändert wurde. Am 18. Januar 1678 rauchte und dampfte der Berg

immer noch, und in der Gegend des neuen Vulkans wurden so pestilenzialische Dünste ausgehaucht, daß ein Mensch, viele Vögel, Kaninchen und 27 Ziegen davon erstickt wurden. Erdbeben währten abwechselnd noch fort, und Lavaströme brachen aus einigen Öffnungen hervor. Alle diese Erscheinungen endeten völlig am 21. Januar.

Der neue Vulkan, von dem hier die Rede ist, ist noch jetzt in seiner ursprünglichen Gestalt vorhanden, wenn er auch nicht mehr raucht. Ich machte am Abend meiner Ankunft in Fuencaliente einen Abstecher dorthin und kletterte über den schwarzen Grusboden bis zum Gipfel, um in die Tiefe des Kraters hinabzublicken. Es war dies für mich ein ganz neues Schauspiel, das mich sehr entzückte, denn ich hatte noch nie einen Krater gesehen. Der Vulkan, Montaña de Fuego genannt, ist etwa 700 m hoch, der Krater gegen 100 m tief. Die äußeren Schichten bestehen aus losen Lapillen und Aschenteilchen, die nur da fester zusammenhalten, wo sie durch saure Dämpfe zersetzt sind. An einzelnen Stellen sind ganze Schichten solcher Fragmente zersetzt und durch eine weiße, kristallinische Masse, wahrscheinlich Gips, verkittet. Zacken solcher weißen Massen ragen auch am oberen Kraterrand empor. Das Innere des Kraters zeigt alle möglichen Farben, die durch die zersetzende Einwirkung der heißen Dämpfe auf die Schlacken- und Tuffschichten bedingt sind. In den Spalten des Kraters findet man Schwefelkristalle, und einige Schlacken enthalten Gipskristalle; auch findet man Chrysolithkugeln, die nur wenig durch die Wirkung der Feuers verändert worden sind. In dem Krater wachsen nur ein paar Kräuter, die der Labiatengattung Micromeria angehören, und einzelne verkrüppelte Kiefern. Von seinem Rand aus hatte ich einen schönen Blick auf das Dorf, das Meer und den Leuchtturm an der Südspitze der Insel, bis gegen halb sechs Uhr sich die Landschaft in dichten Nebel einhüllte.

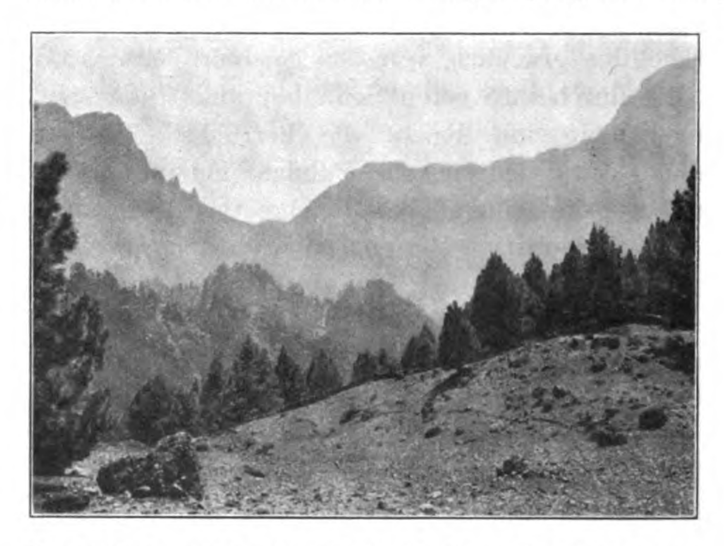
Als ich mich spät am Abend in meinem Hühnerstall zur Ruhe begeben wollte, wurde ich durch Guitarrespiel und Gesang im Nebenzimmer am Schlafe verhindert, und ziemlich ermüdet setzte ich am nächsten Tag meine Fußwanderung längs der Westküste der Insel bis Los Llanos fort. Die Straße führt an der Kirche San Antonio, die malerisch am Rande des Pinars gelegen ist, vorüber und dann fast zwei Stunden lang durch

schönen Kiefernwald, der von nackten oder höchstens mit grauen Strauchflechten überzogenen Lavaströmen abgelöst wird, die von der Cumbre vieja kommen und sich abwärts bis zum Meere erstrecken. Diese Ströme sind nach Reiß basaltischer Natur; die schwarze Grundmasse des porösen Gesteins erscheint ein wenig glasig und umschließt Olivin, Hornblende, Magneteisen und Augit. Vielfach sind die Laven mit einem gelblichen Überzug bedeckt, der aus verwitterter Asche besteht.

In der Nähe von Las Manchas sah ich die ersten Alpenkrähen (Fregilus graculus), von den Spaniern Grajos oder Grajas genannt, die durch ihre roten Schnäbel und Füße sehr auffallen und von Koenig mit Recht die herrlichste Staffage zu der prachtvollen Naturszenerie La Palmas genannt worden sind. La Palma ist die einzige kanarische Insel, die diesen Vogel besitzt; nach Teneriffa gebrachte und dort in Freiheit gesetzte Exemplare starben in kurzer Zeit. Der Grund dieser eigenartigen Isolierung ist unbekannt, doch steht sie nicht vereinzelt da, indem z. B. die Steinhühner, die von Gomera nach La Palma gebracht wurden, hier bald eingingen. Die Alpenkrähen bewohnen auf La Palma in zahlreichen Schwärmen sowohl die heißen Täler des Litorals wie die hohe, im Winter mit Schnee bedeckte Cumbre. Sie lassen während ihres leichten, zierlich schwebenden Fluges fortwährend ihren Lockton, ein schrilles Pfeifen, hören. Die Nester werden in schwer zu ersteigendem Felsgeklüft oder in Grotten angelegt, wo die Vögel gesellschaftlich brüten. In ihrer Nahrung sind sie keineswegs wählerisch, doch werden nach Koenigs Magensektionen Grillen und Heuschrecken anscheinend bevorzugt. Bolle nennt die Alpenkrähe der Kanaren einen scheuen und flüchtigen Vogel, der sich schwer beschleichen läßt, was zu verwundern ist, da sie nur wenig verfolgt wird, indem ihr Fleisch ein höchst mittelmäßiges Wildpret darstellt. Andererseits ist sie aber leicht zu zähmen, und Bolle erzählt von einem Pfarrer auf La Palma, der eine junge Alpenkrähe besaß, die ihren Herrn in vollem Fluge auf meilenweiten Ritten begleitete, einmal sogar auf einer Reise nach dem entgegengesetzten Ende der Insel, ohne sich ihren wilden Brüdern anzuschließen. Derselbe Forscher sah in einem Hause in Las Palmas eine zahme Alpenkrähe, die frei umherlief, die Personen, die sie fütterten, aufs genaueste kannte, mit den Hunden aus

einer Schüssel fraß und genau die Stunde des Frühstücks und Mittagessens der Familie wußte.

Von Las Manchas aus übersah ich das weite, lachende Gefilde des Ariadnetals mit seinen zahlreichen Ortschaften. Im Hintergrund wird es durch den gewaltigen, steil abfallenden Höhenzug El Time, der sich bis zum Meere erstreckt, abgegrenzt. In der Nähe der Küste erheben sich aus dem Gefilde mehrere kleine, ziemlich kahle vulkanische Hügel jüngeren Ursprungs.



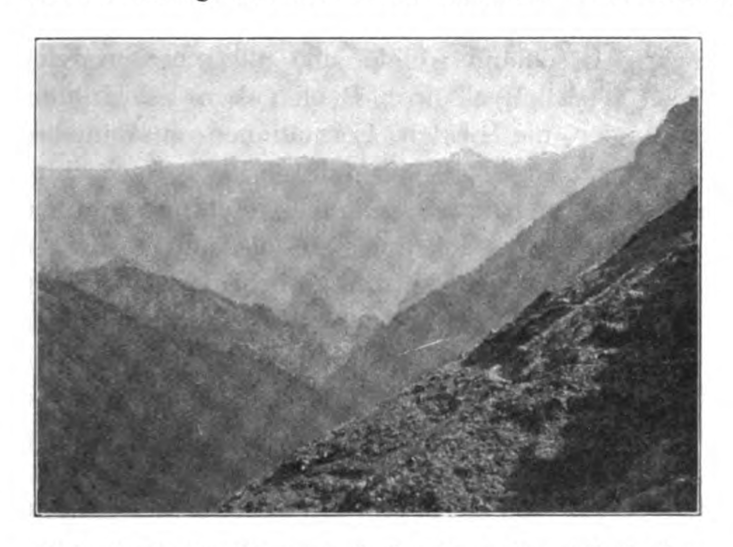
Die Caldera von La Palma: Blick auf die Cumbrecita von oberhalb Taburiente

Die Straße hört bei Las Manchas plötzlich auf, und ich gelangte von dort auf einem sehr schlechten, steinigen Maultierpfad zwischen Feldern und Gärten nach Los Llanos, einem hübschen, reinlichen Ort mit netten Häusern und Straßen und einer zwar kleinen, aber sehr soliden Fonda, in der ein uraltes Ehepaar die Wirtschaft führte. Hier übernachtete ich, um am nächsten Tage die Caldera zu besuchen.

Was der Pico de Teyde für Teneriffa, das ist die Caldera de Taburiente für La Palma. Man hat dieses Kesseltal nicht unzutreffend als einen umgekehrten Pik bezeichnet, und bei den Bewohnern der Insel ist die Meinung verbreitet, der Pik von Teneriffa sei aus der Caldera La Palmas herausgeschleudert worden. Der Geologe Gagel wurde während seines Aufenthalts auf La Palma von fast jedem, den er dort kennen lernte, vom

reichen, gebildeten Großgrundbesitzer an bis zum ärmsten Ziegenhirten gefragt, ob dieser Glaube auf Tatsachen beruhe.

Der Bergkranz, der die Caldera umgibt, hat eine Höhe von rund 2000 m über dem Meeresspiegel und erhebt sich in dem Roque de los Muchachos zu mehr als 2400 m. Der Grund des Kessels liegt nur gegen 600 m über dem Meere, so daß die größte Tiefe der Caldera 1800 m beträgt, ein vulkanischer Aufschluß wie er einzig auf der Erde dasteht. Der Umfang des



Blick durch den Barranco de las Angustias auf die Ostwand der Caldera

Kessels ist von elliptischer Gestalt, seine größte Länge in der Richtung von Osten nach Westen beträgt 7, seine größte Breite in der Richtung von Norden nach Süden 5 km. Die Umwallungsmauer ist im Norden, Osten und Westen vollständig geschlossen, besitzt dagegen im Süden zwei Unterbrechungen. Die eine wird durch eine tiefe Einbuchtung in der südöstlichen Ecke, die sogenannte Cumbrecita dargestellt, die 1300 m über dem Meere liegt, die andere im Südwesten durch die Einmündung des Barranco de las Angustias, einer gewaltigen, 500—1500 m tiefen Schlucht, die die Gewässer der Caldera dem Meere zuführt. Es sind dies die beiden einzigen Stellen, an denen man in den Talkessel gelangen kann, an allen anderen ist er vollständig unzugänglich.

Schon Leopold v. Buch, der erste geologische Erforscher La Palmas, hat im Jahre 1825 darauf hingewiesen, daß in den

Wänden der Caldera und des Barranco de las Angustias zwei Formationen von verschiedener petrographischer Beschaffenheit und verschiedenem geologischem Alter entblößt sind. In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts verbreitete sich dann Lyell ausführlicher über diese Formationen und betonte besonders, daß sie schon an der Verschiedenheit der Gehänge und der Vegetation zu erkennen sind. Die obere Formation zeigt gegen 1000 m hohe, sehr steile, fast senkrechte Abstürze und entbehrt des Pflanzenwuchses fast völlig, während die untere, etwa ebenso hohe, geneigte Böschungen bildet und mit schönem Kiefernwald bedeckt ist. Weder Lyell noch Buch gaben jedoch genaue Beschreibungen der die beiden Formationen zusammensetzenden Gesteine; dies tat erst Reiß im Jahre 1861. Nach ihm besteht die obere Formation hauptsächlich aus roten und braunen, basaltischen Tuffen und Schlackenmassen, die untere aus teegrünen und hellgelben Gesteinen, die wesentlich der Diabasfamilie angehören. Reiß bezeichnete die obere Formation als die Laven-, die untere als die Diabasformation. Seine Ergebnisse wurden durch die neuesten Forschungen Curt Gagels (1907) in allen wesentlichen Punkten bestätigt.

Die Diabasformation besitzt auf den Kanaren wie auf den atlantischen Inseln überhaupt eine weite Verbreitung und wird als das Grundgebirge betrachtet, auf dem diese Inseln aufgebaut sind. Da Versteinerungen bis jetzt nicht in ihr aufgefunden wurden, so läßt sich ihr geologisches Alter nicht mit Sicherheit bestimmen, und nur nach Analogie mit den europäischen Diabasen hat man sie als paläozoisch angesprochen, doch kann sie auch mesozoisch sein. Jedenfalls war das Diabasgebirge sehr lange Zeit der Erosion durch das Meer und die atmosphärischen Niederschläge ausgesetzt, wie die obere Grenze der Diabasformation erkennen läßt, an der die Gesteine in tuffartige und erdige Massen umgewandelt sind.

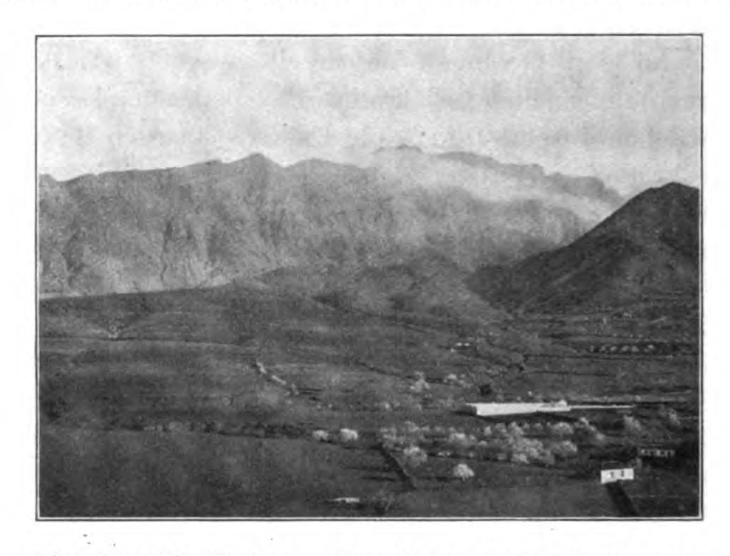
In der Lavenformation hat man Versteinerungen auf Madeira, Porto Santo und Gran Canaria gefunden und daraus geschlossen, daß die Aufschüttung des Deckgebirges im Obermiocän begann. Gagel hält es jedoch nach dem Betrag der Erosion für wahrscheinlich, daß das Deckgebirge viel älter, nämlich wenigstens früh oligocän oder gar eocän ist. In jedem Fall aber ist zwischen der Bildung des Grundgebirges und seiner Überlagerung durch das Deckgebirge ein sehr bedeutender geologischer Zeitraum ver-

strichen, und Lyells Ergebnis besteht noch durchaus zu Recht, daß auf La Palma in demselben Gebiet zu zwei weit auseinander liegenden Perioden sehr heftige vulkanische Eruptionen stattgefunden haben. Neuerdings hat Gagel nachzuweisen versucht, daß die vulkanischen Gesteine der beiden Perioden nicht nur an demselben Ort gebildet wurden, sondern auch aus demselben ursprünglichen Magma stammen.

Über die Entstehung der Caldera-Einsenkung sind im Laufe der Zeit sehr verschiedene und teilweise einander widersprechende Theorien von den Geologen aufgestellt worden. Leopold von Buch betrachtete in seiner berühmten »Physikalischen Beschreibung der kanarischen Inseln« (1825) die Caldera als den Typus eines Erhebungskraters. »Was ist die Caldera anders«, ruft er aus, »als die gewaltige Esse, der Erhebungskrater, durch welche das entwichen ist, was die ganze Insel aus dem Grunde der See über die Oberfläche erhoben hat!« Die Bestandteile des Calderagebirges waren nach Buch ursprünglich horizontal unter dem Meeresspiegel ausgebreitet und wurden später durch unterirdische Gase als Masse plötzlich in die Höhe gehoben. Es entstand eine blasenförmige Auftreibung der Erdrinde, die schließlich an der höchsten Stelle von den Gasen durchbrochen wurde und in ihren oberen Teilen einstürzte, während die unteren als Umwallungsmauer des Erhebungs- oder Einsturzkraters stehen blieben.

Diese Theorie Buchs mußte später von den Geologen vollständig aufgegeben werden, so bedeutungsvoll und anregend sie zu ihrer Zeit auch war. Lyell machte ihr gegenüber geltend, daß so gewaltige vulkanische Massen nicht gehoben werden konnten, ohne auf allen Seiten Risse und Spalten zu erhalten, während doch der Bergkranz der Caldera auf drei Seiten vollständig geschlossen ist. Ferner konnten nach seiner Ansicht so bedeutende Massen auf einem beschränkten Raum nicht austreten, ohne sich zu einem Berg aufzutürmen. Lyell nimmt daher an, daß das Calderagebirge von Anfang an einen durch Aufschüttung entstandenen Vulkankegel darstellte und die Caldera selbst der Eruptionskrater dieses Kegels war, der dann durch den Einsturz der oberen Teile des Berges und ganz besonders durch Erosion erweitert wurde. Lyell wirft dabei die Frage auf, ob die Auswaschung der Caldera durch die Tätigkeit des Meeres oder der fließenden Gewässer erfolgte. Er hält es nicht für unmöglich,

daß die Regenwasser, vielleicht in Verbindung mit Erdbeben, im Laufe langer Zeiträume einen so ungeheuren Kessel wie die Caldera aushöhlen konnten, wenn auch wahrscheinlich nicht von derselben Form. Aber gewisse Eigentümlichkeiten der Caldera und des Barranco de las Angustias scheinen ihm besser durch die Annahme einer marinen Erosion erklärt werden zu können. Namentlich weist er darauf hin, daß das Nordufer des Barranco viel höher ist, als das Südufer und von einer steilen Felswand



Blick über die Ebene von Los Llanos in den Barranco de las Angustias

gebildet wird, die wohl eine alte Seeklippe darstellen dürfte. Ein Fluß würde auf beiden Seiten gleichhohe Ufer erzeugt haben. Der englische Geologe vermutet, daß das Meer sowohl durch die Cumbrecita als durch den Barranco de las Angustias in die Caldera eindrang und diese in ähnlicher Weise erfüllte wie jetzt noch den Krater der St. Paulsinsel im indischen Ozean.

Ein bedeutungsvoller Fortschritt in bezug auf die Lösung des Calderaproblems wurde im Jahre 1861 durch die Schrift von Reiß über die Diabas- und Lavenformation der Insel Palma herbeigeführt. Ihr Verfasser verwirft nicht nur die Erhebungskratertheorie Buchs, sondern auch die Ansicht Lyells, daß die Caldera ursprünglich den Eruptionskrater eines vulkanischen Kegels darstellte, der durch Einsturz und Erosion erweitert wurde. Nach Reiß muß das Calderagebirge ursprünglich ein Gebirgsdom mit

einem plateauartigen Rücken gewesen sein, der im wesentlichen fertig aufgebaut war, ehe die Bildung der Caldera begann. Diese erfolgte durch die erosive Kraft der fließenden Gewässer, die auf den Kanaren sehr beträchtlich ist infolge des starken Gefälles der auf beschränktem Raum aus bedeutender Höhe herabkommenden Bäche. Auf dem Calderadom entsprangen wahrscheinlich zwei Bäche, die über die äußeren Abhänge flossen und sich über die Uferklippen in das Meer stürzten. Der eine erzeugte den Barranco de las Angustias, der andere das Cumbrecitatal. Als die Erosion bis zu den höheren Teilen der Insel, die hauptsächlich aus Schlackenmassen bestehen, fortgeschritten war, konnten sich auch die an den Seiten der Täler herabfließenden Regenwasser in das lockere Gestein einschneiden, so daß an dem oberen Ende einer jeden der beiden Schluchten mehrere kleinere Täler entstanden, die durch niedrige Rücken voneinander getrennt waren. Diese Rücken wurden später durch die von beiden Seiten wirkende Erosion vollständig zerstört und so zwei kesselförmige Erweiterungen erzeugt, die schließlich durch Zerstörung ihrer Scheidewand zu einer einzigen verschmolzen. Der Bach des Cumbrecitatales wurde durch spätere Lavaergüsse und Auswürflinge verhindert, sich tiefer als bis zur oberen Grenze der Diabasregion einzuschneiden, während der Bach des Barranco de las Angustias auch die Diabasformation durchfurchte. So mußten die Gewässer der Caldera alle durch den Barranco abfließen.

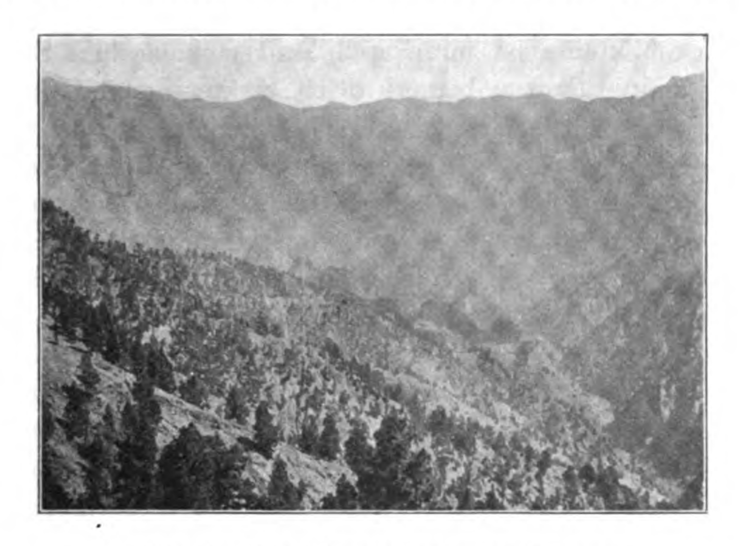
Ziemlich gleichzeitig mit Reiß (1862) stellte Hartung im wesentlichen dieselbe Theorie über die Bildung der Caldera auf, und einige Jahre später erbrachte v. Fritsch neue Tatsachen zu ihren Gunsten. Er zeigte, daß die Hundertfadenlinie, die sonst sehr regelmäßig dicht an der Küste verläuft, vor der Mündung des Barranco de las Augustias eine starke Ausbuchtung nach Westen macht, infolge der hier abgelagerten Geröllmassen, die nur aus der Caldera stammen können. Derselbe Forscher lieferte aber auch Beweise dafür, daß das Meer ebenfalls an der Gestaltung der jetzigen Verhältnisse mitgewirkt hat und Lyells Theorie bis zu einem gewissen Grade richtig war. Er fand nämlich in den Schottermassen des Barranco de las Angustias fossile Korallen und Balaniden in einer Höhe von 200—250 m über dem Meeresspiegel und schloß daraus, daß die Konglomerate, die in dem Barranco anstehen, in eine alte Meeresbucht abgelagert wurden.

Die steile Felswand des Barranco-Nordufers dürfte daher von Lyell richtig als alte Seeklippe gedeutet worden sein.

Die Erosionstheorie erfreut sich wohl heute bei den Geologen ziemlich allgemeiner Anerkennung. Im Jahre 1906 wurde freilich von W. v. Knebel der Versuch gemacht, sie stark einzuschränken und die alte Buchsche Theorie bis zu einem gewissen Grade zu erneuern. Nach Knebel haben zwei Kräfte bei der Bildung der Caldera zusammengewirkt, der Vulkanismus und das Wasser. Ein lakkolithartiger Pfropfen, der möglicherweise durch die tertiären Diabase des Grundgebirges gebildet wurde, trieb die Schichten blasenförmig auf, zertrümmerte sie und bereitete sie so für die Abtragung durch die Erosion vor. Gagel hat jedoch durch seine neuesten gründlichen Untersuchungen gezeigt, daß alle Tatsachen auf das Bestimmteste gegen diese Theorie wie überhaupt gegen die Erklärung der Caldera als eines gewaltigen Eruptionsschlotes oder Einsturzkraters sprechen und auf die Arbeit der fluviatilen Erosion hinweisen. Nur die Cumbrecita ist seiner Ansicht nach kein reines Erosionstal, sondern zum Teil eine ursprüngliche, durch ungleichmäßige Aufschüttung der vulkanischen Massen entstandene Lücke, die später allerdings durch Erosion erweitert wurde.

Am Freitag, den 13. März, brach ich von der Fonda des Don Tomas zum Besuch der Caldera auf. Ich erfrischte mich zunächst durch ein Glas prachtvoller Ziegenmilch, die mir von dem Jungen, der allmorgendlich seine Ziegenherde unter Schellengeläute von Haus zu Haus führt, frisch gemolken wurde. Sodann bestieg ich das Maultier und ritt in Begleitung des Arriero, der ebenfalls beritten war, am Kirchhof des Ortes vorbei durch den engen Barranco de los Barros und über eine mit Feldern bedeckte Fläche bis zum Rand des Barranco de las Angustias. Alle Barrancos Gomeras sind nichts gegenüber dieser ungeheuren Talschlucht, in deren schauerliche Tiefe ich jetzt hinabsah. Der Abstieg war so steil, daß der Führer mich absitzen ließ. Erst auf der mit Steinen und großen Blöcken bedeckten Sohle des Barranco schwang ich mich wieder auf mein Reittier. Wir legten eine Strecke auf dem Boden des Barranco zurück, überschritten den Bach und ritten dann auf der anderen Seite durch Kiefernwald aufwärts. Gegen zehn Uhr erreichten wir Lomo alto, einen etwa 1000 m hoch gelegenen Aussichtspunkt, wo sich plötzlich

der Blick in die Caldera öffnet. Wir machten kurze Rast, um das grandiose Landschaftsbild zu genießen, und ritten dann auf einem Pfad, der durch die massenhaft den Boden bedeckenden Kiefernadeln sehr schlüpfrig war, abwärts bis zu dem kleinen Gehöft Tenere. Hier sah ich Felder und blühende Kräuter, unter letzteren besonders Echium plantagineum und die stark duftende Parfümpflanze Pelargonium capitatum, die aus Südafrika eingeführt wurde. Der kurze Aufenthalt in der Caldera ließ mir leider



Blick in die Caldera vom Lomo alto aus

keine Zeit zum Sammeln, und die einzigen Pflanzen, die ich außer den beiden genannten als Andenken von dort mit nach Hause nahm, waren ein Adlerfarn (Pteris aquilina) und eine Brunnenkresse (Nasturtium officinale), die ich am Ufer eines Baches pflückte. In Tenere werden Ziegen und Kühe gehalten, und ich konnte mich wieder an einem Glas Ziegenmilch erquicken, während der Arriero seinen Wein aus dem Spundloch seines Maulbeerholztönnchens schlürfte. Inzwischen hatte sich ein Teil der Calderazinnen in Nebel gehüllt, der allmählich den ganzen Kessel erfüllte. Wir waren also gerade noch zur rechten Zeit gekommen, um des Anblicks eines der großartigsten Landschaftsbilder nicht verlustig zu gehen und konnten daher befriedigt unseren Rückweg nach Los Llanos antreten, das wir um vier Uhr nachmittags wieder erreichten.

Der dritte Tag meines Aufenthalts in Los Llanos war einem Spaziergang nach der Ortschaft Argual gewidmet, wo ich die ausgedehnten Wasserleitungsanlagen und einen großen Garten mit prachtvollen Eukalyptusbäumen besichtigte. Dicht bei dem Orte, der einen großen Kirchplatz und Dorfteich besitzt, erhebt sich die Montaña de Redonda, ein kleiner vulkanischer Hügel, der eine sehr lohnende Aussicht auf das Ariadnetal, die Felswand El Time, den Barranco de las Angustias, die Bergzinnen über der Caldera, die Cumbre vieja und das Meer gewährt. Der Boden der Montaña ist mit Lapilli und vulkanischen Schlacken bedeckt. Von Pflanzen bemerkte ich Kakteen und Gräser, und unter einem Stein des Gipfels fand ich alte Bekannte von Gomera: Jugendformen von Lacerta galloti und die großen Schwarzkäfer Pimelia costipennis und Hegeter tristis. Auf der Rückkehr nach Los Llanos rastete ich auf einer Bank unter den Lorbeerbäumen und Akazien, die den Platz vor der Kirche am westlichen Ende des Dorfes schmücken.

Am folgenden Tage verließ ich Los Llanos und ritt über den 1415 m hohen Paß der Cumbre nueva nach Santa Cruz zurück. Wir brachen um $^1/_2\,7$ Uhr auf, und unser Weg führte uns zunächst durch die Gärten und Felder von El Paso, dem höchst gelegenen Orte des Ariadnetales. Oberhalb dieses Dorfes beginnt der Pinar, der den Westabhang der Cumbre bedeckt, und an seinem Rande steht die Kiefer Pino de la Virgen oder Pino santo, die $7\,^1/_2$ m im Umfang mißt und mit einem wundertätigen Marienbild verziert ist. Schon in den ersten, über 150 Jahre alten naturwissenschaftlichen Beschreibungen La Palmas wird sie als heilige Kiefer angeführt.

Nach zweistündigem Ritt durch den Kiefernwald erreichten wir die Höhe der Cumbre, wo wir uns in einer kleinen Tienda etwas erfrischten. Der unvergleichliche Blick nach beiden Seiten, den man von hier aus bei klarem Wetter genießen soll, ging uns vollständig verloren, da alles in undurchdringlichen Nebel eingehüllt war, wie denn überhaupt der ganze Ritt im Regen erfolgte. Beim Abstieg auf der Ostseite der Cumbre kamen wir durch Heide- und Lorbeerwald, der mir ganz plötzlich auf der Höhe des Passes den Pinar der Westseite zu ersetzen schien, während nach Berthelot der Ericabuschwald auf dem Sattel der Cumbre nueva von der Ostseite her etwa 300 m auf den West-

abhang hinübergreift, wo er dann in den Pinar übergeht, eine Vermischung beider Formationen, die dadurch bedingt ist, daß die Passatwolken über den niederen Sattel hinüberwandern können, ehe sie sich auflösen. Sonst dagegen überschreiten sie die hohe Cumbre nicht, und so wirkt diese als Klimascheide.

Im Lorbeerwald von La Palma herrscht der Tilbaum (Oreodaphne foetens) vor, der seine nächsten Verwandten im Regenwald des Kaplandes besitzt. In seiner Krone lebt die Lorbeertaube (Columba bollei) La Palmas, die artlich möglicherweise von den nahe verwandten Formen auf Teneriffa (C. laurivora) und Madeira (C. trocaz) verschieden ist. Die Lorbeertauben haben etwa die Größe unserer Ringeltauben, sind an die dichten und schattigen Lorbeerwaldungen der atlantischen Inseln gebunden und ernähren sich von den Beeren der Lorbeerbäume. In früheren Zeiten sollen sie sehr zahme Vögel gewesen sein. Im Beginn der Kolonisation Madeiras konnte man sie mit Schlingen von den Zweigen der Bäume herabziehen, ohne daß die daneben sitzenden die Flucht ergriffen. »Sie wußten nicht, was für eine Kreatur der Mensch sei«, sagt der venetianische Entdecker Cadamosto. Später scheinen sie es aber gelernt zu haben, denn jetzt verbergen sie sich scheu in den höchsten Gipfeln der tausendjährigen Lorbeerlinden.

Ein zweiter Vogel des Lorbeerwaldes von La Palma ist der Tintillonfink (Fringilla coerulescens), der auf den ersten Blick einige Ähnlichkeit mit unserem Buchfinken hat. Auf Teneriffa kommt eine nahe verwandte Form (F. canariensis) in den Kastanienwäldern, seltener in den Lorbeerwäldern und ganz ausnahmsweise im Pinienwald vor. Auch Madeira besitzt seinen Tintillonfinken, der sich hauptsächlich in den Nadelwäldern aufhält und von König als eine Varietät der Spezies von Teneriffa aufgefaßt wird.

Nachdem der Lorbeerwald mit seinen Tauben und Finken passiert war, gelangte ich durch schöne Kastanienhaine und die Region der Orangen, Feigen, Bananen und Palmen nach Santa Cruz de la Palma zurück.

In der darauffolgenden Nacht schiffte ich mich mit meiner Schwester nach Santa Cruz de Tenerife ein. Die See war uns nicht günstig und warf das kleine Fahrzeug wie eine Nußschale hin und her, so daß ich mich nicht auf Deck halten konnte und in die überfüllte Kabine hinabkriechen mußte, um in horizontaler

Lage wenigstens einige Linderung der schrecklichsten Seekrankheit zu finden. Den ganzen nächsten Tag fühlte ich meinen Leib noch wie eine einzige, große, schmerzende Wunde.

Die Zeit bis zum Abgang des Dampfers nach Hamburg wollte ich noch benutzen, um im Fluge die schönsten und berühmtesten Teile Teneriffas kennen zu lernen: Orotava, La Laguna und den Mercedeswald. Die elektrische Bahn brachte mich zunächst über La Laguna nach Tacoronte. Die Fahrt bietet in ihrem ersten Teil schöne Blicke auf Santa Cruz und das Meer. Bei Tacoronte beginnt jene kanarische Landschaft, die durch Humboldts Schilderung Weltberühmtheit erlangt hat. »Wenn man ins Tal von Tacoronte hinabkommt«, schreibt der große Forscher, »betritt man das herrliche Land, von dem die Reisenden aller Nationen mit Begeisterung sprechen. Ich habe im heißen Erdgürtel Landschaften gesehen, wo die Natur großartiger ist, reicher in der Entwicklung organischer Formen; aber nachdem ich die Ufer des Orinoko, die Kordilleren von Peru und die schönen Täler von Mexiko durchwandert, muß ich gestehen, nirgends ein so mannigfaltiges, so anziehendes, durch die Verteilung von Grün und Felsmassen so harmonisches Gemälde vor mir gehabt zu haben.« Humboldt gibt dann eine landschaftliche Charakteristik der Gegend zwischen Tacoronte und Orotava, die seitdem von unzähligen Reisenden von neuem versucht worden ist, so daß ich hier gern auf sie verzichte und mich auf den äußeren Verlauf meiner Wanderung und einige persönliche Eindrücke, die ich gewann, beschränke.

Ich ging von Tacoronte auf der Landstraße über die Dörfer Matanza, Viktoria und Santa Ursula nach Orotava, immer im Anblick des tiefblauen Meeres und der weißschäumenden Brandung, die die zerfressenen Lavafelsen bespült. Bei einer Biegung der Landstraße, der sogenannten Humboldtecke, öffnet sich der Blick auf das breite, muldenartige Valle de Taoro, das vom Strand anfangs sanft bis Villa Orotava und dann steiler bis zu der 200 m hohen Cumbre ansteigt. Nach Westen zu wird das Gefilde von dem mächtigen, aus aufgeschütteten Laven bestehenden Felsrücken der Ladera de Tigayga abgeschlossen, der vom Pik zum Meere hinabsteigt und das nördliche Teneriffa in zwei, nicht sehr ungleiche Hälften teilt. Die Schönheit des landschaftlichen Eindrucks wurde mir durch das herrschende Regenwetter etwas beeinträch-



Villa Orotava, Teneriffa

tigt, noch mehr aber durch das Verhalten der Landstraßenbevölkerung. Gerade an der Humboldtecke begegnete mir eine große Ziegenherde mit zwei Hirten, von denen der eine mir seinen Hut bettelnd dicht unter die Nase hielt, und als ich nichts gab, wetterten und fluchten die beiden Kerle hinter mir her, daß es eine Art hatte. Von jetzt ab wurde ich auf Schritt und Tritt angebettelt, von Kindern und Erwachsenen ausgelacht und verhöhnt und wußte mir schließlich nicht anders zu helfen, als daß ich dem Gesindel in das Gesicht spie. So etwas schienen sie noch nicht erlebt zu haben, denn es wirkte gründlich. Wenn der gute Humboldt diese Zustände gekannt hätte, so würde er nicht geschrieben haben, daß kein Fleck auf der Erde geeigneter sei, einem schmerzlich ergriffenen Gemüt den Frieden wiederzugeben. Wer noch nicht an Verfolgungswahn leidet, der kann ihn sich hier holen. Eine ungastlichere Bevölkerung als die von Orotava habe ich noch nicht kennen gelernt.

Nach vierstündiger Wanderung kam ich um die Mittagszeit in Villa Orotava an, wo ich mich einzulogieren gedachte. Ich fand jedoch in dem mir empfohlenen Viktoria-Hotel keine Unterkunft mehr und stieg daher auf der mit Eukalyptusbäumen bestandenen Landstraße nach Puerto Orotava hinab, wo ich in dem kleinen Hotel Marquesa sehr gut empfangen und verpflegt wurde. Der übrige Teil des Tages war zwei interessanten Spaziergängen gewidmet. Ich ging zunächst an die Mole, wo ich die ungeheure Brandung beobachtete, und wanderte dann am Strand entlang nach Westen zum Tempel von San Telmo und den Resten eines alten Forts. Einen zweiten Spaziergang unternahm ich in östlicher Richtung durch eine Palmenallee nach den steilen Klippen von La Paz, wo sich mächtige Höhlen befinden, und zur Martianezquelle.

Am nächsten Tag wollte ich den berühmten botanischen Garten besuchen, der Gewächse aus allen Zonen enthält und von dem Christ eine so begeisterte Schilderung entworfen hat, fand ihn aber des katholischen Feiertags wegen geschlossen. Ich durchstreifte daher die Villa mit ihren steilen Straßen, alten Kirchen und hübschen Plätzen und machte am Nachmittag einen Strandspaziergang in westlicher Richtung, auf dem ich mächtige Sträucher der kanarischen Wolfsmilch bewunderte.

Als ich am folgenden Morgen meinen Rückweg nach La Laguna antrat, war der Himmel heiter, und ich sah die schnee-

bedeckte Spitze des Piks die Landschaft von Orotava krönen. Doch läßt sich der Anblick, den der Bergkoloß hier darbietet, an Großartigkeit nicht entfernt mit dem von Gomera aus vergleichen. Ich begab mich sodann in den botanischen Garten, war aber, wie es so oft mit Sehenswürdigkeiten geht, die von allen Reisenden besucht und gerühmt werden, etwas enttäuscht. Ich habe in Deutschland botanische Gärten gesehen, die landschaftlich viel schöner angelegt sind; und wissenschaftlich konnte ich auch nicht viel gewinnen, da fast keine Pflanze bezeichnet und kein Vaterland angegeben war. Der Garten befindet sich entschieden im Stadium des Verfalls, und man vermißt überall die liebevoll pflegende Hand. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß er nicht einzelne herrliche Bäume und Baumgruppen enthält. Die Riesenexemplare von Gummibäumen (Ficus elastica und Ficus desalbata) zum Beispiel werden jeden Naturfreund in helles Entzücken versetzen und allein einen Besuch des Gartens lohnen.

Ich wanderte darauf nach Tacoronte zurück, um dort die Bahn nach La Laguna zu besteigen, und genoß nochmals von der Humboldtecke aus den Anblick der lieblichen Landschaft, diesmal in günstigerer Beleuchtung als bei meiner Ankunft, obgleich der Pik sich schon wieder hinter Wolken verborgen hatte. In La Laguna fand ich im Hotel Tenerife gute Unterkunft. Als ich im Drawing Room die auf den Tischen umherliegenden Bücher musterte, fiel mir eine in Barcelona verlegte »Geografia para niños« (Geographie für Kinder) von Esteban Paluzie y Cantalozella in die Hände, ein kleines Büchlein, das Geographiebuch, Bilderbuch und Atlas zugleich war und mich so befriedigte, daß ich es mir später in Santa Cruz kaufte. Deutschland und die Deutschen werden darin in folgenden schmeichelhaften Worten charakterisiert: »Alemania es la nación más ilustrada del mundo y la potencia militar terrestre más temible. Los alemanes son laboriosos é inteligentes en sumo grado, sobresalen en todos los ramos del saber humano.« (Deutschland ist die berühmteste Nation der Erde und die gefürchtetste Landkriegsmacht. Die Deutschen sind im höchsten Grade arbeitsam und intelligent, überlegen in allen Zweigen des menschlichen Wissens.)

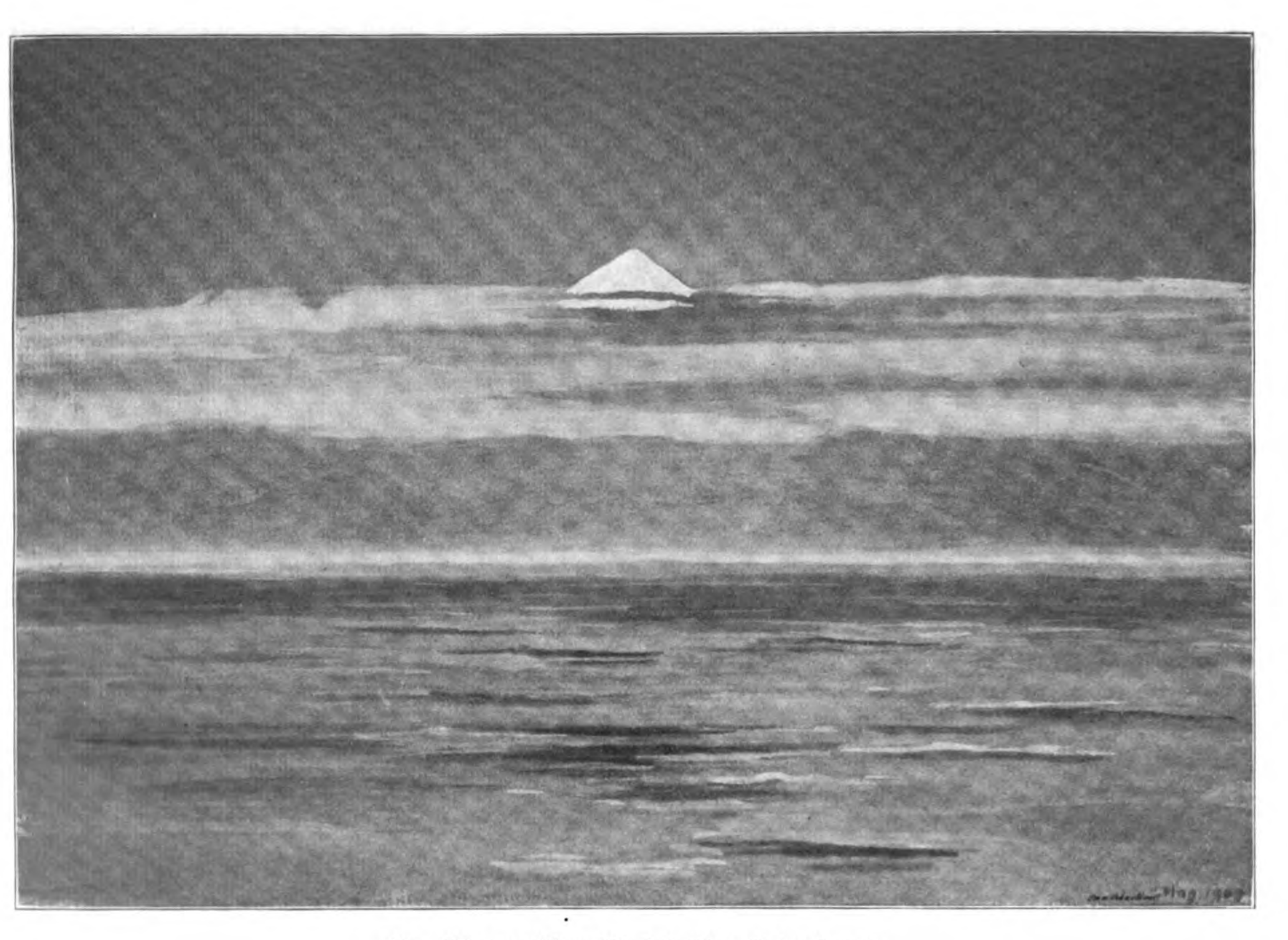
Ich blieb einen Tag in La Laguna, um diese frühere Universitätsstadt kennen zu lernen und den Mercedeswald zu besuchen. Die Stadt macht mit ihren Kirchen, dem Bischofspalast

und dem Institut einen recht altertümlichen Eindruck, auch hat sie schöne pflanzengeschmückte Plätze. Ich besichtigte die verschiedenen Räume des Instituts: den Bibliotheks-, Zeichen- und Physiksaal, das Naturalienkabinett, einen Saal mit Gemälden und ein Zimmer mit Gobelins. Die Bibliothek machte einen guten Eindruck, das Naturalienkabinett dagegen stand noch unter dem Museum auf La Palma. Die zoologischen Gegenstände waren im Zustand der Auflösung, und die geologische Sammlung bestand aus mehreren Reihen von nicht etikettierten Steinen, die eben von der Straße aufgelesen und willkürlich nebeneinander gelegt zu sein schienen. Das Schönste, was mir das Institut bot, war der Hof mit seinen alten, früchtetragenden Orangenbäumen. Ich besuchte auch mehrere Kirchen und den Garten der Iglesia de Santo Domingo, wo der mächtige, oft beschriebene und abgebildete Drachenbaum steht, der wahrscheinlich aus mehreren Bäumen zusammengewachsen ist.

Nicht weniger berühmt als dieser Drachenbaum ist der Mercedeswald, den man von La Laguna aus in etwa einer Stunde erreicht. Er stellt neben dem Wald von Agua Garcia bei Tacoronte den letzten Rest der Lorbeer- und Ericawälder dar, die früher in viel größerer Ausdehnung Teneriffa bedeckten. Zahlreiche Botaniker haben diesen Wald besucht und begeistert geschildert, und er verdient gewiß das Lob, das ihm gespendet worden ist, wenn er sich auch mit den endlosen Urwäldern Gomeras nicht vergleichen läßt. Von La Laguna aus führt eine Chaussee nach dem Orte Las Mercedes und von dort ein Pfad nach der Casa del Agua, einer engen, feuchten, üppig bewachsenen Schlucht im Walde. Ich kletterte hier einen sehr steilen und glitschigen Pfad hinauf und gelangte zur Ermita de Santa Maria, einer Kapelle und Schutzhütte, die auf einsamer Höhe im Walde liegen. Eine Strecke weit verfolgte ich dann noch den Weg nach Afur und warf einen Blick in die wilden Täler der Anagakette, die beiderseits vom blauen Meere umspült werden. Als ich eine kleine Anhöhe erstiegen hatte, um eine freiere Aussicht zu haben, sah ich vor mir dunkelgrünen Heidewald, in der Tiefe die weite Ebene von La Laguna, hinter ihr ein grünes, sanft ansteigendes Gefilde und noch weiter im Hintergrund blauschwarze Berge, die den Fuß des Piks umsäumten. Zur Linken erblickte ich tief unter mir das hell beleuchtete Santa Cruz mit seiner

Mole und seinen Schiffen und zur Rechten, jenseits eines sonnenglänzenden Meeres, in dunstiger Ferne das von der Tigaigakette abgeschlossene Tal von Orotava. Nur der Pik verhüllte neidisch sein Haupt, als ich aber abwärts stieg, wurde zweimal seine Spitze hinter den vorüberziehenden Wolken sichtbar, und ich warf einen letzten Blick auf den Bergriesen, den ich von Gomera aus so oft unter den wechselndsten Beleuchtungsverhältnissen bewundert hatte, bald in seiner ganzen Mächtigkeit vom tiefblauen Himmel sich abhebend, bald als weiße Insel über eine Wolkenbank emporragend, bald in der Abenddämmerung in glühendem Rot erstrahlend.

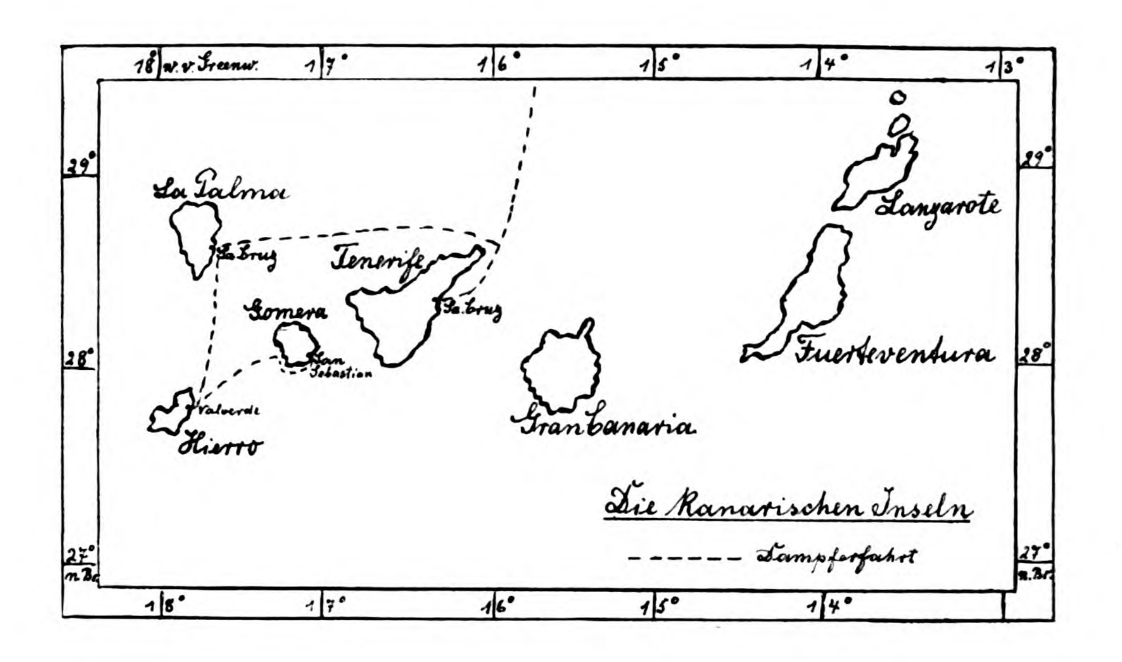
Am Sonntag, den 22. März, führte mich die elektrische Bahn von La Laguna nach Santa Cruz zurück, und am Montag wartete ich vergeblich auf den Dampfer »Lucie Woermann«, der um drei Uhr nachmittags ankommen sollte, infolge stürmischen Wetters aber erst am Dienstag früh eintraf und um sieben Uhr bei Regenwetter abfuhr. Später klärte sich der Himmel auf, und während der ganzen Fahrt bis Hamburg hatten wir schönes Wetter und ruhige See. Besonders am 28. März, als die Höhe von Bordeaux erreicht war, genoß ich einen schönen, milden Abend auf Deck. Der Himmel war mit Sternen übersät, und von zwei Planeten warf der hellste, der im Stier stand, einen breiten Lichtstreifen auf das Meer, dessen Oberfläche ebenfalls von tausend tanzenden Sternen erglänzte. Am 30. März gingen wir um fünf Uhr früh bei Southampton vor Anker, wo die englischen Passagiere beim Spiel ihrer Nationalhymne ausgeschifft wurden. Dann fuhren wir dicht an der Insel Wight vorbei, deren Schlösser und malerisch gelegene Städte mir ein junger englischer Schiffsoffizier, der in Southampton an Bord gekommen war, benannte. An Backbord sahen wir den Hafen von Portsmouth mit seinen Befestigungen und gewaltigen Panzerschiffen und später die weißen Kreidefelsen der Südküste Englands. Um fünf Uhr abends wurde Boulogne erreicht, wo die französischen Passagiere aus mir unbekannten Gründen ohne Musikbegleitung das Schiff verließen. Zwei Stunden später erschienen die Lichter von Calais und Dover, und am Mittwoch, den 1. April, früh halb vier Uhr landeten wir im Hafen von Hamburg. Hier blieb ich noch mehrere Tage, um alte Erinnerungen aufzufrischen und namentlich das neue Museum in Altona und Hagenbecks Tierpark in

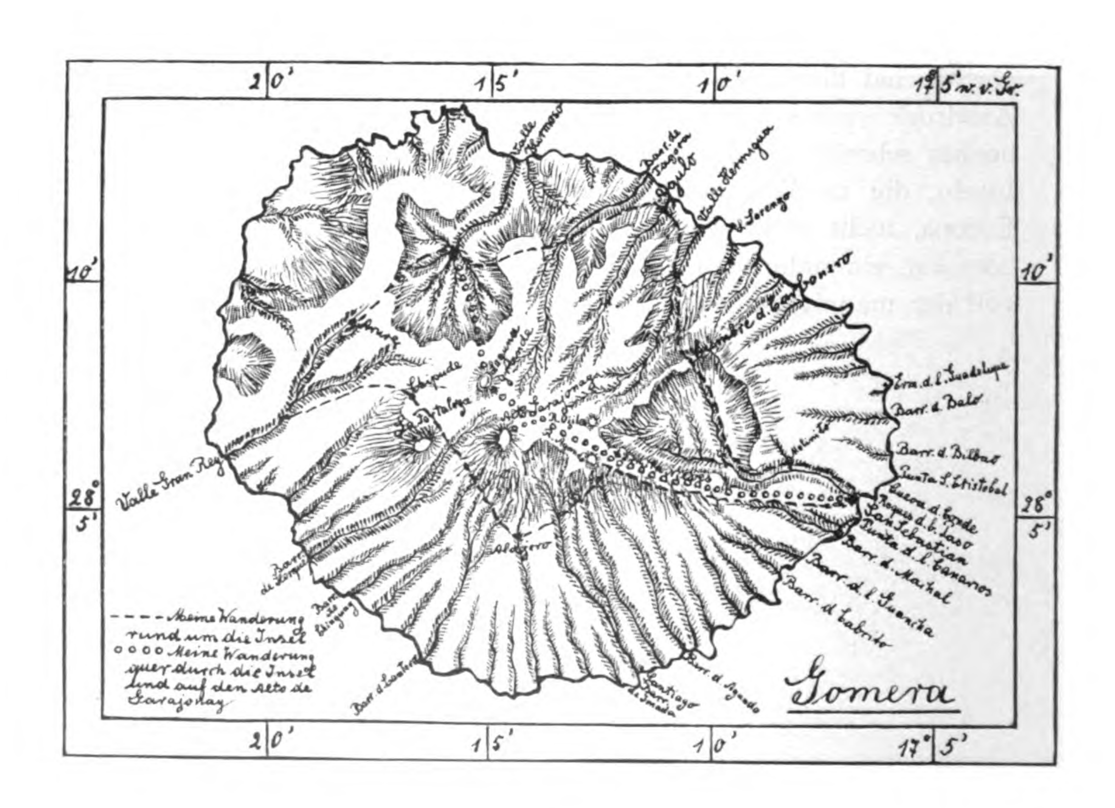


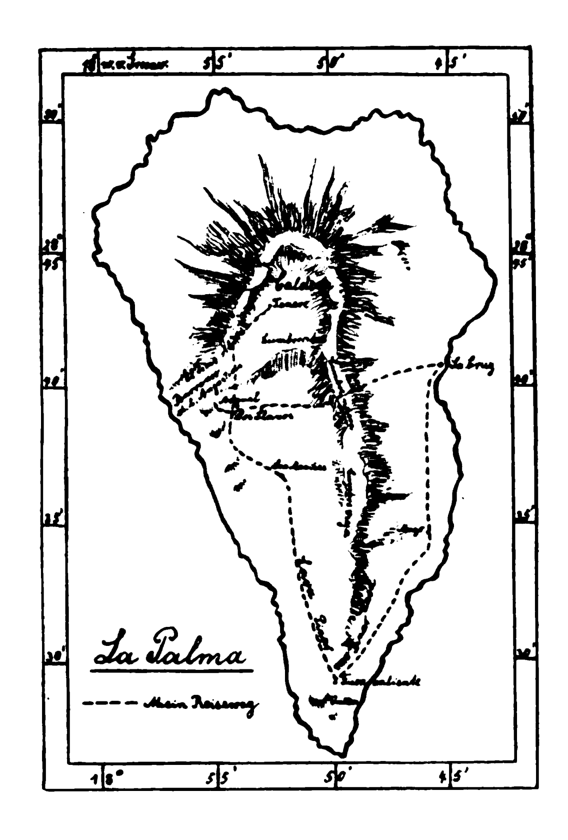
Der Pik von Teneriffa bei Abendbeleuchtung

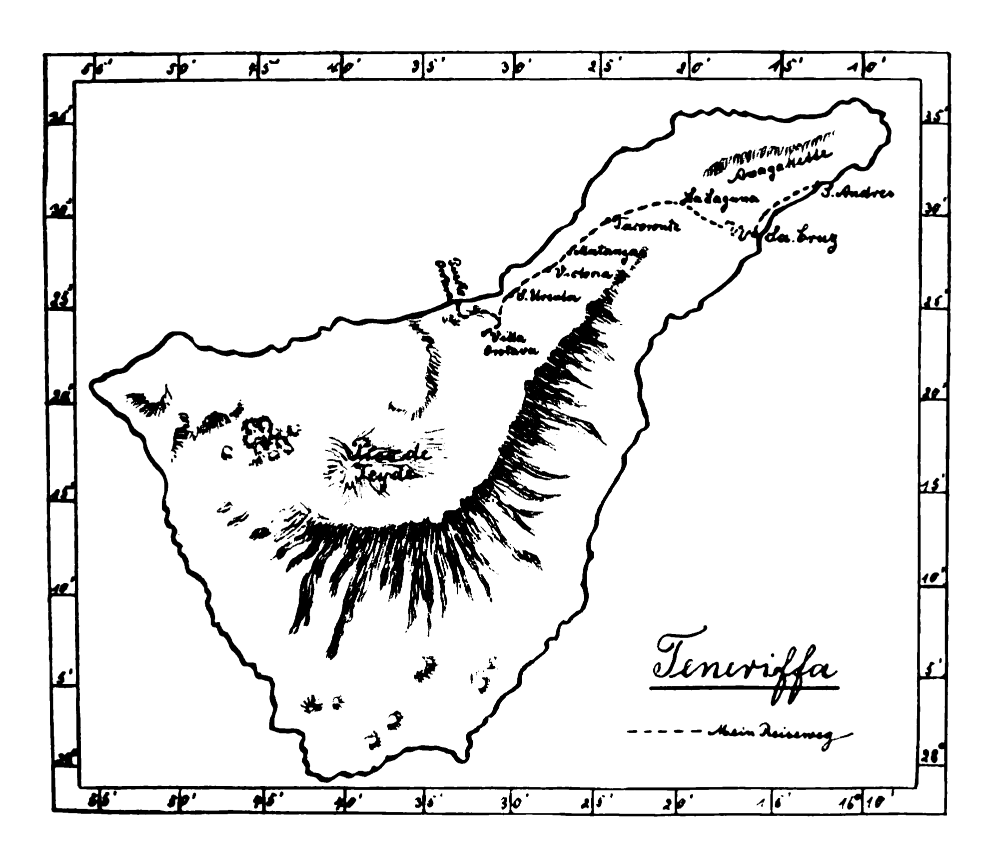
Stellingen zu besichtigen, die beide meine Erwartungen übertrafen. Über Lüneburg, Göttingen, Cassel und Frankfurt reiste ich dann auf der Vetternstraße nach Karlsruhe zurück, wo ich am 19. April, genau ein halbes Jahr nach meiner Abreise, bei Kälte und Schneegestöber wieder eintraf.

Soll ich am Schluß meiner Schilderungen noch eines allgemeinen Gewinnes einer solchen größeren Reise gedenken, so glaube ich die Berichtigung der Vorstellungen von den Größenverhältnissen auf unserer Erde besonders hervorheben zu müssen. Durch die Landkarten erhalten wir davon meist ganz falsche Begriffe. Der Kanal erscheint auf ihnen wie ein von zwei naheliegenden Ufern begrenzter Fluß, der Golf von Biskaya wie eine schwache Einbuchtung des Landes. Sehen wir sie in Wirklichkeit, so dehnen sich endlose Wasserflächen vor uns aus. Und Gomera, das auf unseren Karten höchstens als ein schwacher Punkt sichtbar ist, verwandelt sich beim Betreten in eine kleine Welt für sich, in ein Land mit hohen Bergen und tief eingeschnittenen Tälern, mit mächtigen Felskolossen und steilklippigen Küsten, mit ausgedehnten Urwäldern und Kulturpflanzungen, mit schäumenden Bächen und tosenden Wasserfällen, mit zahlreichen Ortschaften und Tausenden von Menschen. Kein Geringerer als Darwin hat dieser Wirkung einer großen Reise den treffendsten Ausdruck verliehen, indem er am Schluß seines klassischen Tagebuches schreibt: »Kontinente werden nicht mehr wie Inseln, und Inseln, die in Wahrheit größer sind, als viele Königreiche in Europa, nicht mehr wie bloße Flecke betrachtet. Die Erdkarte hört auf, ein unbeschriebenes Blatt zu sein und wird ein Gemälde voll der mannigfaltigsten und belebtesten Gestalten.«


18° w. v. Greenw.
17°
16°
15°
14°
13°
29°
28°
27° n. Br.
La Palma
Sta Cruz
Tenerife
Sta Cruz
Gomera
San Sebastian
Valverde
Hierro
Lanzarote
Fuerteventura
Gran Canaria
Die Kanarischen Inseln
Dampferfahrt


20'
15'
10'
17° 5' w. v. Gr.
10'
28°
5'
Valle Hermoso
Valle Hermigua
Valle Gran Rey
Ermita d. l. Guadelupe
Barr. d. Balo
Barr. d. Bilbao
Punta S. Cristobal
San Sebastian
Barr. d. Maxal
Barr. d. l. Guancha
Barr. d. Cabrito
Santiago
Alajero
Alto de Garajonay
Meine Wanderung rund um die Insel
Meine Wanderung quer durch die Insel und auf den Alto de Garajonay
Gomera


La Palma
La Cruz
Mein Reiseweg


La Laguna
S. Andres
Sta. Cruz
Tacoronte
Matanzas
S. Ursula
Villa Orotava
Teneriffa
Mein Reiseweg

ANHANG

I. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Tiere

Spongiae

Ich sammelte gegen 15 Arten, deren Zugehörigkeit zu den Gattungen resp. Familien Herr Professor Weltner bestimmte.

Ceratospongida

1. *Euspongia* spec. Farbe dunkelgrau. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

2. *Euspongia* spec. Farbe hellgrau. In den Höhlungen junge Pferdeaktinien. Auf dem Schwamm sitzt eine *Chalina*. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

3. *Euspongia* spec. (mazeriert). Angespült am Blockstrand zwischen Barranco del Machal und Barranco de la Guancha. 22. 1. 08.

4. *Euspongia* spec. (mazeriert). Angespült am Kiesstrand bei der Ermita de la Guadalupe. 21. 12. 07.

5. *Aplysina aerophoba* Nardo. Farbe gelb. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. Fand sich in einem dicken Polster unter einem überhängenden Felsblock und war durch einen benachbarten Felsblock vor jeder Sonnenbestrahlung geschützt. 28. 12. 07. — In Felslöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

6. *Hircinia* spec. Farbe grau, wurde im Alkohol grün. Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

Monaxonida

7. *Chondrosia* spec. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

8. Suberitide. Farbe gelb. Bildet dünne Überzüge auf den Felsen. Tümpel zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 27. 12. 07; 28. 12. 07.

9. Suberitide. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

10. Suberitide. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

11. *Suberites* spec. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

12. *Chalina* spec. Farbe grün. Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

13. *Chalina* spec. Farbe grau. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

14. *Chalina* spec. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

15. *Chalina* spec. Auf *Euspongia* spec. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

16. *Reniera* spec. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Hydrozoa

17. *Aglaophenia* spec. (?). In den Tümpeln bei der Cueva del Conde auf *Cystoseira abies marina* (Gmel.). 8. 1. 08; 13. 1. 08.

Anthozoa

Actiniaria

Meine aus etwa 200 Exemplaren bestehende Aktiniensammlung von Gomera, deren Bestimmung Herr Dr. Pax übernommen hat, umfaßt 5 Arten, von denen 3, nämlich *Anemonia sulcata, Aiptasia couchii* und *Phellia vestita* für die kanarische Fauna neu sind. Wie Pax bemerkt, ist die Sammlung besonders deshalb von Interesse, weil sie zum ersten Male einen Überblick über die Aktinienfauna der kanarischen Inseln gestattet, über die wir bisher nur durch ganz vereinzelte und gelegentliche Funde unterrichtet waren. Die 5 gesammelten Arten sind von Pax in der „Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft", Bd. 45, 1909 beschrieben worden.

18. *Priapus equinus* L. Zeigt morphologisch keinerlei Abweichung von der typischen Mittelmeerform. Einige Exemplare

haben unter dem Einfluß des Formaldehyds eine eigentümliche rotbraune Farbe angenommen. — In engen Felsspalten am Strande zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07. (4 Exemplare.) — Unter Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (13 z. T. jugendliche Exemplare.) — Cueva del Conde. 13. 1. 08. (24 jugendliche Exemplare.) — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (37 erwachsene Exemplare.)

19. *Anemonia sulcata* (Penn.). Die in 4 % Formaldehyd konservierten Tiere haben ihre grüne Körperfarbe erhalten; auch die violette Färbung der Tentakelspitzen ist noch deutlich erkennbar. Sämtliche Exemplare gehören der forma typica an, bleiben aber ausnahmslos hinter der Durchschnittsgröße dieser Form erheblich zurück. Die forma typica, die sonst in einer Tiefe von mehreren Metern lebt, kommt auf Gomera in den Ebbetümpeln des Felsenstrandes vor und wird hier in bezug auf die Größenverhältnisse der Strandform von *Anemonia sulcata,* d. h. der forma *rustica,* ähnlich. Diese auffällige Abnahme der Größe in geringer Wassertiefe hängt nach Pax mit den Ernährungsverhältnissen auf das engste zusammen. Die Art war bisher im Gebiet der nordwestafrikanischen Inseln mit Sicherheit nur von Madeira bekannt. — Ermita de la Guadelupe. In Tümpeln des Felsenstrandes. 26. 1. 08. (40 Exemplare.) — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (6 Exemplare.)

20. *Aiptasia couchii* Cocks. War bisher nur von Madeira bekannt und anatomisch noch nicht untersucht. — Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. (10 Exemplare.)

21. *Phellia vestita* Johns. War bisher nur von Madeira bekannt und anatomisch noch nicht untersucht. Ektoderm des Mauerblatts mit winzigen Sandkörnchen inkrustiert. Entoderm anscheinend ohne Zooxanthellen. — Unter Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (1 Exemplar.)

22. *Palythoa canariensis* (Hadd. u. Duerden). Bildet braune rasenartige Polster; im Formol haben die Tiere eine mehr grünliche Färbung angenommen. Körperwand dicht mit kleinen Sandkörnchen inkrustiert; Schwammnadeln und Foraminiferenschalen treten der Masse nach durchaus zurück. Entoderm des Mauerblatts dicht mit Zooxanthellen angefüllt. — Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 22. 1. 08.

Madreporaria

23. *Dendrophyllia ramea* (L.) M. Edw. Von Fischern gekauft. 9. 2. 08.

Turbellaria

24. *Planaria gonocephala* Dug. (?) det. Lauterborn. Braunschwarz, Unterseite hellbraun mit weißem Strich in der Mitte; Länge bis 13 mm; Kopf dreieckig, durchscheinend. — Barranco de la Villa, unter Steinen im Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07; 3. 1. 08. — Valle Hermigua, im Bach unter Steinen. 29. 11. 07.

Chaetopoda

Polychaeta

Errantia

Ich sammelte die folgenden 7 Spezies, die Herr Dr. Augener bestimmte:

25. *Eurythoë complanata* Pall. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

26. *Eulalia viridis* O. F. Müller. Am Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. Im Gestein eingebohrt. 27. 12. 07.

27. *Harmothoë spinifera* Ehl. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

28. *Nereis cultrifera* Grube. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

29. *Nereis dumerili* Aud. u. Edw. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

30. *Nereis oliveirai* Horst. An der Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. Im Felsen eingebohrt. 16. 12. 07; 27. 12. 07.

31. *Eunice harassii* Aud. u. Edw. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 22. 1. 08.

Sedentaria

32. Serpulide. Vielfach gewundene leere Kalkröhren massenhaft in den Tümpeln bei den Roques del buen Paso. Mit dem größten Teil ihrer Länge aufgewachsen. 20. 1. 08.

33. Serpulide. Leere Kalkröhren auf den Steinen bei der Cueva del Conde. Mit der ganzen Länge aufgewachsen. 8. 1. 08.

34. Serpulide. Leere Kalkröhren auf den Steinen in den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. Mit der ganzen Länge aufgewachsen. 7. 2. 08.

35. Serpulide. Röhre dicht mit Muschelstückchen besetzt. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

36. *Spirorbis* spec. Massenhaft auf den Steinen des Blockstrandes bei der Kaserne, San Sebastian. 16. 1. 08. — Auf den Steinen des Strandes bei der Cueva del Conde. 20. 1. 08. — Auf den Steinen in den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. — Auf Brauntangen des Felsenstrandes zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07; 22. 1. 08. — Auf Tangen in den Tümpeln bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

Oligochaeta

Die 6 von mir gesammelten Regenwürmerarten wurden von Herrn Professor Michaelsen bestimmt. Es sind sämtlich peregrine, gemäßigt eurasisch-nordamerikanische Formen. Eine Spezies, *Octolasium lacteum*, war bisher noch nicht auf den Kanaren gefunden worden.

37. *Eiseniella tetraedra* (Sav.) f. typica. Barranco de la Villa. Unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

38. *Eisenia rosea* (Sav.). Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. Unter Steinen. 17. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

39. *Helodrilus caliginosus* (Sav.). Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Forma *trapezoides Dup.* Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 29. 11. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

40. *Helodrilus chloroticus* (Sav.). Unter Steinen im Lorbeerwald auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen bei Agulo in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

41. *Helodrilus eiseni* (Levins.). Unter Steinen im Lorbeerwald auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

42. *Octolasium lacteum* (Oerley). Für die Kanaren neu. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

Ascidiacea

Die beiden Arten, die ich auf Gomera sammelte, hat Herr Dr. Hartmeyer annähernd bestimmt. Sie beanspruchen insbesondere tiergeographisches Interesse, weil von den Kanaren bisher nur eine Ascidie (*Ciona flemingi* Herdm.) bekannt war. Die beiden neu nachgewiesenen Arten weisen faunistisch auf das Mittelmeer hin.

43. *Phallusia* spec. (aff. *conchilega* Müll.). Möglicherweise eine neue Art, was aber noch näherer Untersuchung bedarf. Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

44. *Cystodites dellechiajei* (D. Valle). In Symbiose mit dem Amphipoden *Tritaeta gibbosa Bate*, der sich in ansehnlicher Zahl im Innern der Kolonien fand. — Auf dem Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Echinodermata

Die Echinodermen meiner Sammlung habe ich selbst notdürftig bestimmt; die Bestimmungen bedürfen jedoch der Nachprüfung durch einen Spezialisten.

Holothurioidea

45. *Holothuria* spec. In dem Sand des Darmes fand ich zahlreiche Schwammnadeln, aber keine Foraminiferen. Unter Steinplatten des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Echinoidea

46. *Paracentrotus lividus* (Lam.) Brandt. Farbe der Stacheln dunkelviolett oder dunkelolivengrün. Massenhaft auf den Felsen, in Löchern und Spalten, besonders unter überhängenden Blöcken. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 28. 12. 07. — Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. — Felsenstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — In Tümpeln und Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

47. *Diadema* spec. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

48. Unbestimmter Seeigel. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

49. Unbestimmter Seeigel. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

Ophiuroidea

50. *Ophiura laevis* (Rond.) Lysm. Unter Steinplatten des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Asteroidea

51. *Asterias tenuispina* Lam. Bei den 5 gesammelten Exemplaren zeigen sich folgende Variationen in der Zahl und Länge der Arme: 1. 6 Arme, 4 große und 2 kleine; 2. 7 Arme, 4 große und 3 kleine; 3. 8 Arme, 4 große und 4 kleine; 4. 8 Arme, 4 große und 4 kleine; 5. 9 Arme, 8 große und 1 kleiner. Die kurzen Arme stehen stets zusammen in einem Winkel zwischen zwei der größeren Arme. — Zwischen Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (3 Exemplare.) — Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (2 Exemplare.)

52. *Archaster* spec. San Sebastian. Am Sandstrand angespült. 15. 12. 07.

Mollusca

Amphineura

53. *Chiton* spec. Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07.

Lamellibranchiata

54. Unbestimmte Muschel. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe unter Steinen festsitzend. 7. 2. 08.

Gastropoda

Opisthobranchiata

55. *Aplysia ocellata* d'Orb. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Prosobranchiata

Die von mir gemachten Bestimmungen bedürfen der Nachprüfung durch einen Spezialisten.

56. *Patella guttata* d'Orb. In der Bucht von San Lorenzo am Felsen angeheftet. 28. 11. 07. — Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

57. *Patella crenata* Gmel. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

58. *Patella* spec. Leere gebleichte und korrodierte Schalen massenhaft auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

59. *Haliotis* spec. Leere Schale am Blockstrand bei der Kaserne angespült. San Sebastian. 16. 1. 08.

60. *Haliotis* spec. Leere Schale am Felsenstrand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

61. *Trochus saulcyi* d'Orb. In der Bucht von San Lorenzo zahlreich am Felsen angesaugt. 28. 11. 07. — Desgl. an der Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

62. *Purpura haemastoma* Lam. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07. — Felsenstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

63. *Tritonium* spec. Leere, mit Röhrenwürmern und Bryozoen besetzte Schale am Strand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

64. *Litorina canariensis* d'Orb. Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

65. *Litorina affinis* d'Orb. Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

Pulmonata

Die Limnaeiden bestimmte Herr Professor Lauterborn, die Limaciden und 3 Exemplare von *Vitrina* Herr Professor Simroth, die Heliciden Herr Dr. Leschke.

Limnaeidae

66. *Ancylus* spec. Barranco de la Villa, unter Steinen im Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07.

Limacidae

67. *Limax arborum* Bouch. Hat die einfache Zeichnung zentraleuropäischer Tiere, nicht die der südeuropäischen Abart *valentianus*. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. (1 Exemplar.)

68. *Agriolimax laevis* (Müll.). Hat ganz das Aussehen wie der *Agriolimax agrestis* (L.) auf den Azoren. Simroth war daher erstaunt, daß es der *A. laevis* war in der rein weiblichen Form wie sie bei uns selten und wohl nur bei jungen Tieren vorkommt, in den Tropen und Subtropen von Madagaskar, Ceylon und Amerika aber rein vorherrscht. Einige Regenerate am Schwanzende hängen wohl mit der üblichen Verfolgung durch Eidechsen zusammen, die am Hinterende anzufassen scheinen. — Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (8 Exemplare); 4. 12. 07. (ca. 50 Exemplare.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (99 Exemplare) — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar.)

69. *Amalia gagates* Moquin-Tandon. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (5 Exemplare.) — Cumbre del Carbonero. Unter Steinen des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (2 Exemplare.) — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (6 Exemplare.) — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (5 Exemplare.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (5 Exemplare.)

Helicidae

70. *Vitrina lamarcki* Fér. (Von Herrn Dr. Leschke als *Vitrina canariensis* Mouss. bezeichnet.) Wald oberhalb Hermi-

gua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 1 juv.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rande eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (7 ausgewachsene Exemplare, 1 juv.) — Wald zwischen Ermita de las Nieves und Alto de Garajonay. 2. 3. 08. (1 juv.) Verbreitung: Hierro, Gomera, Teneriffa, Palma.

71. *Caracollina discobolus* Shuttl. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, ca. 300 m hoch. 2. 12. 07. (5 ausgewachsene Exemplare.) — Auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 2. 1. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 11 juv.) — Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare; 2 juv., 15 tote Exemplare, Schalen ganz weiß.) Verbreitung: nur Gomera.

72. *Caracollina eutropis* Shuttl. Gehäuse des vorliegenden jungen Exemplars mit feinen ca. $^1/_2$ mm langen Haaren an der Peripherie der letzten Windung besetzt. An den oberen Windungen sind sie schon abgefallen. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. (1 juv.: $3^1/_2$ Windungen, gr. Durchmesser 8 mm, Höhe 3 mm.) — Verbreitung: Gomera, Fuerteventura. Für Gomera neu.

73. *Caracollina lenticula* Fér. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (5 ausgewachsene Exemplare, 7 juv.) — Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Verbreitung: Küstenform; häufig im ganzen Mittelmeergebiet; auf allen kanarischen Inseln, ohne die geringste Variation zu zeigen.

74. *Hemicycla paivanopsis* Mabille. Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 28 juv.) — Verbreitung: nur Gomera.

75. *Buliminus bertheloti* Pfr. Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 17. 1. 08. (2 Exemplare, tot: 8 Windungen, Länge $22^1/_2$ mm, Breite $8^1/_2$ mm;

$7^1/_2$ Windungen, Länge 21 mm, Breite 9 mm.) — Verbreitung: Gomera, Hierro.

76. *Buliminus consecoanus* (Fritsch) Mouss. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 juv.) — Berghänge bei Agulo. 16. 2. 08. (2 ausgewachsene Exemplare, 1 mit unfertigem Mundrand.) — Verbreitung: nur Gomera.

77. *Buliminus rupicola* Webb. u. Berth. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe 300 m. 2. 12. 07. (1 ausgewachsenes Exemplar: $7^1/_2$ Windungen; Länge 12 mm, Breite 5 mm.) — Verbreitung: nur Gomera.

78. *Ericia laevigata* Webb. u. Berth. Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. (1 Exemplar, tot, ganz weiß, ohne Deckel.) — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar, rot gefärbt. 4 Windungen, Länge 14 mm, Breite 13 mm; 2 leere Gehäuse.) — Verbreitung: Gomera, Teneriffa.

79. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte und stark verwitterte Gehäuse in der Erde des Talhanges an der Mündung des Barranco del Machal eingebacken. 22. 1. 08. (9 Exemplare.)

80. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte Gehäuse zahlreich in der Erde des Talhanges an der Mündung des Barranco del Machal eingebacken und frei umherliegend. 22. 1. 08. (35 Exemplare.) — Desgl. auf der Hochfläche rechts vom Barranco de la Villa frei umherliegend. 13. 12. 07. (5 Exemplare.)

81. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte Gehäuse massenhaft auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07. (77 Exemplare.)

Cephalopoda

82. *Sepia* spec. Schulp am Strand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

83. *Spirula peronii* Lam. Schale am Sandstrand bei San Sebastian angespült. 15. 12. 07 und an anderen Tagen. (27 Exemplare.) — Desgl. am Sandstrand bei der Eremita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

Crustacea

Ostracoda

84. *Cypris* spec. San Sebastian. Im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 31. 12. 07. Für die Kanaren neu.

Cirripedia

85. *Lepas anatifera* L. Zahlreiche Schalenbruchstücke und einzelne getrocknete Tiere unter einem Busch von *Prenanthes spinosus* Forsk. auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe angehäuft. 21. 12. 07.

86. *Chtamalus stellatus* (Poli), var. det. Weltner. Massenhaft auf dem Felsenstrand der ganzen Küste. — Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 27. 12. 07. — Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Bei der Cueva del Conde. Auf Gehäusen von *Purpura haemastoma* Lam. 8. 1. 08. — Bei der Ermita de la Guadelupe. Auf Gehäusen von *Purpura haemastoma* Lam. 7. 2. 08.

87. *Unbestimmte Balanide.* Leere Gehäuse von 2—3 cm Höhe auf Patellaschalen. Unter Steinen des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Amphipoda

88. *Talitrus saltator* Mont. Sandstrand bei San Sebastian. Die größeren vereinzelt unter Steinen, die kleineren massenhaft auf und unter umherliegenden Blättern von *Enteromorpha linza* L. Lebten 7 Stunden im Süßwasser. Springen, schwimmen, laufen sehr schnell. 15. 12. 07. — Valle Hermigua, unter Steinen am Strand. 1. 12. 07.

89. *Unbestimmte Gammaride.* Valle Hermigua, unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Sehr zahlreich unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

90. *Tritaeta gibbosa* Bate. det. Hartmeyer. Fand sich in ansehnlicher Zahl im Innern der Kolonien von *Cystodites dellechiajei* (D. Valle). Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Isopoda

Die 6 von mir gesammelten Arten hat Herr Professor Budde-Lund bestimmt.

91. *Porcellio scitus* B.-L. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Valle Hermigua. Höhe 300 m. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

92. *Armadillidium vulgare* (Latr.). Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08; 20. 2. 08. Bisher nur von Teneriffa bekannt, für Gomera neu.

93. *Metoponorthus pruinosus* Br. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, Hermigua. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal. 2. 12. 07. — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen am Blockstrand. 24. 12. 07. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08; 20. 2. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

94. *Metoponorthus sexfasciatus* Koch. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

95. *Gymnoderma laevis* Latr. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — In meinem Haus, San Sebastian. 13. 12. 07; 13. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt, für Gomera neu.

96. *Tylos latreillei* Aud. u. Sav. Valle Hermigua. Unter Steinen in Löchern des Sandstrandes zusammengerollt. Sehr zahlreich. 1. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen des Sandstrandes. 24. 12. 07; 26. 12. 07.

Decapoda

Die 7 von mir gesammelten Arten bestimmte Herr Dr. Steinhaus mit Ausnahme der Paguride.

97. *Palaemon squilla* (L.) Fabr. Zahlreich in den mit Grünalgen bewachsenen Tümpeln auf dem Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07; 24. 12. 07. — In den Tümpeln auf dem Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07. — In den Tümpeln auf dem Felsenstrand an der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

98. Unbestimmte Paguride. Auf dem Felsen- und Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. Massenhaft in den verschiedensten Gehäusen. 16. 12. 07; 19. 12. 07. — In den Tümpeln des Felsenstrandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

99. *Porcellana platycheles* (Penn.) Lam. Unter Steinen am Strand bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. Bisher von Gran Canaria, Fuerteventura und Lanzarote bekannt, für Gomera neu.

100. *Liolophus planissimus* (Herbst). Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

101. *Plagusia depressa* (Herbst) *var. squamosa* (Herbst). Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 26. 12. 07.

102. *Pachygrapsus transversus* Gibbes. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. (Sehr junges Exemplar.) — San Sebastian, am Sandstrand tot angetrieben. 15. 12. 07.

103. *Neptunus hastatus* (L.). San Sebastian, am Sandstrand tot angetrieben. 15. 12. 07. Bisher nur von Fuerteventura bekannt. Für Gomera neu.

104. *Xantho rivulosus Risso.* Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. Bisher nur von Gran Canaria und Lanzarote bekannt. Für Gomera neu.

Myriopoda

Die 15 Arten meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Graf Attems. 6 Spezies sind neu.

105. *Scutigera coleoptrata* (L.). San Sebastian. An den weißen Kalkwänden meines Hauses, besonders des Aborts, nachts sitzend. 27. 11. 07; 8. 12. 07; 5. 1. 08; 25. 1. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

106. *Lithobius teneriffae* Latzel. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal. Höhe ca. 300 m. 2. 12. 07. — Bei Agulo

unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

107. *Scolopendra valida* Luc. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Unter Steinen der Talsohle des Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 20. 2. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

108. *Cryptops trisulcatus* Brölemann. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

109. *Geophilus carpophagus* Leach. Unter Steinen am Bach im Wald oberhalb Hermigua. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

110. *Pachymerium ferrugineum* C. Koch. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. — Unter Steinen am Strand bei San Sebastian. 24. 12. 07.

111. *Lenia bicarinata* Mein. Unter Steinen im Barranco de la Villa. 11. 12. 07.

112. *Nannophilus eximius* Mein. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

113. *Pectiniunguis melanostictus* Attems n. sp. Unter Steinen am Strand bei San Sebastian. 24. 12. 07. — Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08.

114. *Glomeris gomerana* Attems n. sp. Unter Steinen auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

115. *Strongylosoma guerinii* Gerv. Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Unter Steinen des Talbodens bei Valle Gran Rey. 22. 2. 08.

116. *Brachydesmus proximus* Latzel. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

117. *Pachyjulus senilis* Attems n. sp. Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

118. *Pachyjulus sansibastianus* Attems n. sp. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, ca. 300 m Höhe. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal, ca. 300 m Höhe. 2. 12. 07. — Unter Steinen am Bach im Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. — Unter Steinen auf den Höhen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

119. *Pachyjulus tiendarius* Attems n. sp. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tals. 1. 12. 07.

Arachnoidea

Die 36 Spezies meiner Sammlung wurden mit Ausnahme von *Tetragnatha gracilis,* die ich selbst bestimmte, und der noch unbestimmten Milbenart von Herrn Dr. Strand bestimmt. Die folgenden 5 Arten sind neu: *Gnaphosa canaricola, Xysticus sebastianus, Micaria gomerae, Tarentula mayi, Phalangium canarianum.* Dazu kommt die neue Varietät: *Tarentula kulczynskii* Bösbg. var. *gomerae.* Herr Dr. Strand hat die Sammlung im Archiv für Naturgeschichte, I. 2, 1911 beschrieben.

Araneae

120. *Zoropsis rufipes* (H. Luc.). Agulo, unter Steinen oberhalb des Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀ und unreife Exemplare.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rande eines Rinnsales oberhalb des Ortes. 17. 2. 08. (1 ♂.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 1. 08. (1 unreifes Exemplar.)

121. *Oecobius navus* (Bl.). San Sebastian, Hof meines Hauses. 18. 12. 07. (1 ♀.)

122. *Eresus niger* (Pet.). Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

123. *Segestria florentina* Rossi. Agulo, unter Steinen oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua, ca. 400 m hoch. 15. 2. 08. (1 unreifes Exemplar.)

124. *Dysdera macra* Sim. Wald zwischen Ermita de las Nieves und Alto de Garajonay. 2. 3. 08. (1 etwas beschädigtes ♀.)

125. *Dysdera insulana* Sim. var. Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 ♀.)

126. *Dysdera crocota* C. L. Koch (?). San Sebastian, im Hof meines Hauses. 19. 1. 08. (1 unreifes ♂.)

127. *Drassodes lapidosus* Walck. Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (1 ♂.) — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♂.)

128. *Callilepis moebii* Bösbg. Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (Mehrere reife ♂♂ u. ♀♀.) — Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa über San Sebastian. 13. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (2 unreife Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (Unreife Exemplare.) 17. 1. 08. (1 reifes ♀.) — Valle Hermigua, unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Barranco de la Villa bei San Sebastian, unter Steinen des Talgerölles. 13. 1. 08. (2 unreife Exemplare.) — San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 reifes, aber ganz neu gehäutetes, auffallend kleines ♂, mehrere unreife ♂♂.) — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (Reife ♀♀ und 1 reifes ♂.) — Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 unreifes ♂.) — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (2 reife ♀♀.)

129. *Gnaphosa canaricola* Strand n. sp. Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

130. *Teutana grossa* (C. L. K.). Valle Hermigua, unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. (2 unreife ♂♂.) — Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. 2 unreife Exemplare.) — Agulo, unter Steinen oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Names-

felder am Rande eines Rinnsales oberhalb des Ortes. 17. 2. 08. (1 ♀.) — Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (1 ♀.)

131. *Enoplognatha mandibularis* Luc. Valle Hermoso, unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 20. 2. 08. (1 ♀.)

132. *Aranea crucifera* Luc. Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 reifes und 1 unreifes ♀.)

133. *Zilla litterata* Ol. Cumbre del Carbonero, unter Steinen im Lorbeerwald. 4. 1. 08. (1 ♀.)

134. *Tetragnatha gracilis* H. Luc. Macht dicht über dem Wasserspiegel ein horizontal zwischen Steinen ausgespanntes Radnetz. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastians, unter einem großen Stein im Bach. 11. 12. 07. (3 Exemplare.)

135. *Cyrtophora citricola* (Forsk.). San Sebastian, Hof meines Hauses. 5. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

136. *Xysticus sebastianus* Strand n. sp. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian, unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. (1 ♀.)

137. *Xysticus* spec. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

138. *Xysticus* spec. (ob *asper* Luc.?). Barranco de la Villa, bei San Sebastian, unter Steinen des Talgerölles. 13. 1. 08. (1 nicht ganz reifes ♀.)

139. *Thanatus?* Valle Hermigua, unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

140. *Misumena spinifera* Bl. Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♀.)

141. *Clubiona decora* Bl. Cumbre del Carbonero, im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (1 ♂.)

142. *Micaria gomerae* Strand n. sp. Cumbre del Carbonero, im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (1 unreifes ♀.)

143. *Tegenaria* spec. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. (1 unreifes ♂.)

144. *Tegenaria pagana* C. L. Koch. San Sebastian, in meinem Haus. (1 ♂.)

145. *Pisaura rufofasciata* (D. G.). Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♂.)

146. *Tarentula ferox* Luc. Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (1 nicht ganz reifes ♀.)

147. *Tarentula gracilis* Bösbg. Agulo, unter Steinen, oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀.) — Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (2 reife ♀♀, 1 unreifes Exemplar.)

148. *Tarentula kulczynskii* Bösbg. *v. gomerae* Strand n. var. Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

149. *Tarentula* spp. Barranco de la Villa, unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. — Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. — (Unreife Exemplare.)

150. *Tarentula (Trochosa) cinerea* F. Valle Hermigua, sehr häufig unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07. (Zahlreiche Exemplare beiderlei Geschlechts, reife und unreife.)

151. *Tarentula (Trochosa) mayi* Strand n. sp. Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (1 ♂); 4. 12. 07. (1 ♀.)

152. *Unbestimmbare Salticide.* San Sebastian, in meinem Hause. 18. 12. 07. (1 junges Exemplar.)

153. *Menemerus semilimbatus* Hahn. San Sebastian, an der Tür meines Zimmers. 9. 12. 07. (1 ♀.) — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07. (1 ♂.)

Opiliones

154. *Phalangium canarianum* Strand n. sp. Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 ♀.) — Oberhalb Ayamorna, auf flechtenbewachsenem Felsen. 1. 3. 08. (1 ♂.)

Acarina

155. *Eriophyes* spec. Erineumblasen auf den Blättern von *Apollonias canariensis* (Webb.). Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

156. *Unbestimmte Acarine.* In Schwärmen auf der Oberfläche der Ebbetümpel an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Insecta

Apterygota

Die 3 Lepismenspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Escherich.

157. *Ctenolepisma lineata* F. San Sebastian, in meinem Haus. 13. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08. — Sehr häufig auf Gomera. — Var. *eatonii* Ridl. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen auf der Hochfläche links vom Barranco de la Villa. 2. 1. 08. — Unter der Rinde von *Euphorbia* spec. an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

158. *Ctenolepisma ciliata* Duf. var. San Sebastian, im Hof meines Hauses. 26. 11. 07.

159. *Ctenolepisma longicaudata* Eschrch. (?) San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07; 9. 1. 08.

Archiptera

160. Unbestimmte Libellulide. Valle Hermigua, an der Mündung des Tales. 1. 12. 07.

161. Unbestimmte Libellenlarven. Zahlreich im Schlamm eines Bachtümpels im Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 3. 1. 08. — Barranco de la Villa, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08.

162. Unbestimmte Ephemeridenlarven. San Sebastian, im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07. — Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08.

Orthoptera

Meine Sammlung enthält 16 Arten, die Herr Dr. Krauss bestimmte. Nur eine, *Gryllotalpa africana,* ist für die Kanaren neu. Sie wurde zwar von Bolivar als dort vorkommend auf-

geführt, aber ohne näheren Fundort. Für Gomera neu sind 9 Arten.

Dermaptera

163. *Labidura riparia* Pallas. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (♂♂ und ♀♀.)

164. *Anisolabis annulipes* Lucas. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (2 Larven.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 29. 11. 07. (1 ♂, 1 ♀, 1 Larve.); 4. 12. 07. (1 ♀, 1 Larve.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb des Ortes, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (1 ♂.) — Für Gomera neu.

165. *Anisolabis maxima* Brullé. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. (2 ♂♂, 2 ♀♀.) — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (1 ♂, 1 ♀, 3 Larven.) — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♀, 3 Larven.) — Für Gomera neu.

Dictyoptera

166. *Aphlebia bivittata* Brullé. Cumbre del Carbonero. Im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (Junge Larven.) Für Gomera neu.

167. *Periplaneta americana* L. San Sebastian, in meinem Haus. 9. 1. 08. (1 ♂.)

168. *Rhyparobia maderae* F. San Sebastian, in meinem Haus nachts an verschiedenen Daten gefangen. (5 ♂♂, 6 ♀♀.)

169. *Leucophaea surinamensis* L. Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (1 ♀.)

170. *Leucophaea* oder *Nauphoeta* spec. San Sebastian. An der Mauer meines Hofes. 14. 12. 07. (1 Larve.)

Euorthoptera

171. *Epacromia thalassina* F. Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (2 ♂♂.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 2. 12. 07. (4 ♂♂, 4 ♀♀, 1 Nymphe II.) — Für Gomera neu.

172. *Sphingonotus coerulans* L. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. (1 ♀.) —

San Sebastian. Auf den Berghängen der rechten Talseite auf nacktem Steinboden. 13. 12. 07. (1 ♀.) — San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 ♂, 2 ♀♀.)

173. *Acrotylus insubricus* Scop. Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tals. 1. 12. 07. (1 ♀.)

174. *Phaneroptera nana* Charp. Valle Hermigua. (1 ♀.) Für Gomera neu.

175. *Gryllus bimaculatus* de Geer. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (2 ♂♂.) — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♂.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (1 ♂, 1 ♀.) — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 26. 1. 08. (1 ♀.) — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 ♂.) — Für Gomera neu.

176. *Gryllus brunneri* Sélys. Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (4 Larven.) Für Gomera neu.

177. *Gryllus hispanicus* Ramb. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 junge Larve.) — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal, 300 m Höhe. 2. 12. 07. (3 Larven, 1 ♂.) — Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (8 Larven.) — Barranco de la Villa, unter Steinen am Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. (1 ♂, 1 Nymphe I.) — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 26. 1. 08. (1 ♀, 1 Nymphe II.) — Agulo, unter Steinen, ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♂, 1 Nymphe I.) — Für Gomera neu.

178. *Gryllus guanchicus* Krauss. Agulo, unter Steinen, ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♂.) Für Gomera neu.

179. *Gryllotalpa africana* Palisot. Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 29. 11. 07; 4. 12. 07. (3 ♂♂, 3 ♀♀, 6 Nymphen I, 8 Nymphen II.)

Neuroptera

180. Unbestimmte Phryganide. 1 Larve. Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08. Für die Kanaren neu.

181. Unbestimmte Phryganide. 1 Larve. Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen im Bach. 13. 2. 08. Für die Kanaren neu.

Coleoptera

Die Käfer meiner Sammlung wurden bis auf einige Arten von Herrn Dr. Kuntzen bestimmt.

182. *Calathus auctus* Woll. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

183. *Anchomenus nichollsii* Woll. Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

184. *Zabrus* spec. Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

185. *Ophonus* spec. Ermita de las Nieves. Unter Steinen. 1. 3. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

186. *Trechus flavolimbatus* Woll. Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08.

187. *Hydroporus* spec. (?) det. Lauterborn. Benutzen die langen Hinterbeine zum Rudern. Luftblase am hinteren Ende des Körpers. Verbergen sich unter Steinen. Im Bach, eine Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. — San Sebastian, im Bach beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07.

188. *Cyclonotum hispanicum* Käst. Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

189. *Staphylinus olens* Müll. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08.

190. *Staphylinus* spec. Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

191. *Gonocephalum rusticum* Oliv. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07.

192. *Blaps* spec. (?) San Sebastian, Hof meines Hauses. 27. 11. 07; 23. 1. 08.

193. *Hegeter amaroides* Sol. Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

194. *Hegeter tristis* F. Valle Hermigua. Unter Steinen in der Nähe des Strandes. 1. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07. — San Sebastian, Hof meines Hauses. 6. 12. 07; 25. 1. 08. — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 2. 1. 08; 17. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

195. *Hegeter* spec. San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 24. 12. 07.

196. *Pimelia costipennis* Woll. Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Sehr häufig unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

197. Unbestimmte Curculionide. Unter der Rinde eines Tabaybabaumes (*Euphorbia* spec.) an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

198. Unbestimmte Curculionide. Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

199. *Coccinella septempunctata* L. San Sebastian, im Hof meines Hauses. 19. 1. 08. — San Sebastian, unter Steinen am Strand. 15. 12. 07. — Barranco de la Villa. Unter Steinen am Bachufer. 10. 12. 07. Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

Hymenoptera

Vesparia

200. *Vespa* spec. Valle Hermigua, in einer Tienda. 30. 11. 07.

201. *Polistes* spec. (?) Wabe, auf der unteren Seite eines großen Steines befestigt. San Sebastian, Sandstrand. 24. 12. 07.

Apiaria.

202. *Bombus* spec. Valle Hermigua, in einer Tienda. 1. 12. 07.

Formicaria

Die 5 Ameisenspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Forel.

203. *Tetramorium caespitum* L. subsp. *punicum* Smith. Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. Unter Steinen. 17. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08.

204. *Monomorium salomonis* L. San Sebastian, auf der Hochfläche nördlich vom Barranco de la Villa, unter Steinen. 2. 1. 08. — Subsp. *subopaca* Smith. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08.

205. *Messor barbarus* L. subspec. *capitatus* Latr. var. *minor* Andr. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

206. *Camponotus maculatus* F. subsp. *hesperinus* Emery. Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

207. *Camponotus rufoglaucus* Jerdon subsp. *feae* Emery. San Sebastian. Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Tal. 13. 12. 07. — San Sebastian. Unter Steinen auf der Hochfläche links vom Tal. 2. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls, 1/4 Stunde oberhalb des Ortes. 13. 1. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

208. Unbestimmte Formicide. Hof meines Hauses. Im Wassereimer gefunden. 22. 12. 07; 23. 12. 07.

Rhynchota

Hemiptera

Die Wanzen meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Handlirsch.

209. *Sciocoris* spec. Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

210. *Verlusia sulcicornis* Fabr. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

211. *Scantius aegyptius* L. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

212. *Lygaeus militaris* Fabr. Barranco de la Villa unter Steinen am Bach. 10. 12. 07. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

213. *Oneocephalus* spec. Larve. Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07.

214. Unbestimmte Hydrodromicide. Regentümpel im Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Homoptera

Die Schildläuse bestimmte Herr Dr. Lindinger.

215. *Chionaspis canariensis* Lindgr. Auf den Blättern von *Plocama pendula* Ait. Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

216. *Cryptaspidiotus barbusano* Lindgr. Auf den Blättern von *Apollonias canariensis* (Webb). Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

217. *Aphis* spec. Leib gelb, Honigröhren, Fühler, Beine und Augen schwarz. Massenhaft auf Stengel und Blättern von *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br. Fast alle ungeflügelt, einzelne geflügelt. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastians. 10. 12. 07.

Diptera

218. *Culex* spec. Larven. Regentümpel im Barranco de Bilbao. 9. 1. 08. — Regentümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

219. Chironomidenlarven. det. Lauterborn. Machen sich kleine Röhren aus Schlamm. Schwimmen mit zuckender Bewegung. San Sebastian. Im Bach beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07.

220. *Simulia* spec. Larven. det. Lauterborn. Bräunlich, durchscheinend, man sieht den Darm im Innern. Heften sich mit dem Hinterende fest, lassen den freierhobenen Vorderkörper lebhaft schwingen. Bewegen sich nach Art der Spannerraupen, aber in horizontaler Ebene, Kiefer in beständiger Bewegung, beißen sich

gegenseitig. Barranco de la Villa, im Bach unter Steinen. 10. 12. 07; 3. 1. 08.

221. Stratiomyidenlarven. det. Lauterborn. San Sebastian, im Bach beim Tamariskenwäldchen auf schlammigem Grund. 30. 12. 07.

222. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Hof meines Hauses. 5. 12. 07.

223. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. Dezember 07.

224. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. 25. 12. 07.

225. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. 28. 12. 07.

Aphaniptera

226. *Pulex irritans* L. San Sebastian, im Bett meines Hauses. Sehr große Exemplare. Januar 08.

Lepidoptera

227. *Pieris* spec. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07.

228. *Danais chrysippus* L. Barranco de la Villa. 10. 12. 07. (Imagines und Raupen, letztere auf *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br.)

229. *Sphinx convolvuli* L. Valle Hermigua. In einer Tienda gefangen. 30. 11. 07.

230. Unbestimmte Psychide. Sack mit Raupe. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07.

231. *Tineola allutella* Rbl. Sack mit Raupe an der Kalkwand des Aborts meines Hauses. San Sebastian. Dezember 07

Vertebrata

Pisces

Die 5 Fischspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Steindachner.

232. *Gobius paganellus* L. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 28. 12. 07.

233. *Blennius galerita* L. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07; 19. 12. 07; 24. 12. 07.

234. *Blennius sanguinolentus* Pallas. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07. — Ebbetümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

235. *Mugil capito* Cuv. San Sebastian. Im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07; 27. 1. 08.

236. *Lepadogaster candollei* Risso. Ebbetümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Amphibia

237. *Hyla arborea* L. var. *meridionalis* Boettger. Valle Hermigua. Von Jungen abends am Ufer eines dicht bewachsenen Wasserlaufs gefangen. 3. 12. 07. (16 Exemplare: 3 fleckenlos; 7 mit wenigen großen, meist ziemlich undeutlichen runden Flecken; 5 mit zahlreichen kleinen rundlichen, teilweise sehr scharf hervortretenden Flecken, zwischen denen kleine unregelmäßig gestaltete Flecken stehen; 1 dicht und zart gesprenkelt.) — San Sebastian. Von Jungen gebracht. 2. 1. 08; 5. 1. 08; 6. 1. 08. (6 Exemplare, sehr undeutlich gefleckt.) — San Sebastian, im Hof meines Hauses nach einem heftigen Regen. 14. 1. 08. (1 Exemplar mit zahlreichen, deutlich abgegrenzten, dunkelbraunen, rundlichen Makeln und kleinen unregelmäßig gestalteten Flecken.) — Agulo, unter einem Stein in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar mit wenigen großen Flecken.) — Valle Gran Rey. Unter einem Stein des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar mit zahlreichen kleinen rundlichen scharf abgegrenzten Flecken, zwischen denen kleine blassere unregelmäßig gestaltete Flecken stehen.)

Reptilia

238. *Lacerta galotti* D. B. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (1 junges Exemplar.) — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal, ca. 300 m hoch. 2. 12. 07. (2 junge Exemplare.) — Valle Hermigua, am Bach. 4. 12. 07. (3 junge Exemplare.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 4. 12. 07. (2 erwachsene Exemplare.) — San Sebastian. Von Jungen ge-

bracht. 9. 12. 07. (2 erwachsene Exemplare.) — Barranco de la Villa. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. (3 junge Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (3 junge Exemplare.) — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08. (1 erwachsenes Exemplar.)

239. *Chalcides viridanus* Grav. Valle Hermigua. Unter Steinen an der Mündung des Tales. 1. 12. 07. (2 Exemplare.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 2. 12. 07. (3 Exemplare.) — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 Exemplar.) — San Sebastian, von Jungen gebracht. 9. 12. 07. (1 Exemplar.) — Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08. (1 Exemplar.)

240. *Tarentola delalandei* D. B. Valle Hermigua. Unter Steinen. 1.—4. Dezember 07. (15 Exemplare.) — San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 26. 12. 07. (4 Exemplare.) — San Sebastian, unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. (9 Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (5 Exemplare.) — Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. (1 Exemplar.) — Ermita de la Guadelupe. Unter Steinen. 26. 1. 08. (1 Exemplar.) — Agulo, unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar.) — Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (4 Exemplare.) — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar.)

Aves

241. *Fringilla canaria* L. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

242. *Phylloscopus* spec. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

243. *Parus* spec. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

Mammalia

244. *Mus musculus* L. In meiner Waschschüssel tot aufgefunden. San Sebastian. 27. 1. 08.

II. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Pflanzen

Thallophyta

Die Algen meiner Sammlung bestimmte Herr Major Reinbold, mit Ausnahme der Kalkalgen, die von Herrn Heydrich bestimmt wurden. Die Flechten bestimmte Herr Dr. Steiner.

Cyanophyceae

1. *Calothrix aeruginea* (Kg.) Thur., verschiedene Algenfragmente (*Enteromorpha, Cladophora*) überziehend. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

Chlorophyceae

2. *Enteromorpha compressa* (L.) Grev. forma. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07. — Tümpel an der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

3. *Enteromorpha lingulata* J. Ag. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07; 24. 12. 07.

4. *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

5. *Enteromorpha prolifera* (Fl. D.) J. Ag. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 24. 12. 07.

6. *Codium tomentosum* (Huds.) Stockh. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07. Die Pallisadenschläuche zum Teil oben am Rande nicht unbeträchtlich verdickt, ähnlich wie bei dem australischen *Codium galeatum* J. Ag.

Phaeophyceae

7. *Sargassum vulgare* Ag. f. *furcatum* Kg. Fragmente und Blätter, besetzt mit Hydropolypen. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

8. *Sargassum desfontainesii* (Turn.) Ag. Steriles Fragment. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

9. *Cystoseira abies marina* (Gmel.) Ag. Besetzt mit Hydropolypen. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

10. *Cystoseira discors* (L.) Ag., besetzt mit *Sphacelaria cirrhosa* (L.) Lbg. und *Ectocarpus* spec. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

11. *Cystoseira pumila* Mont. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

12. *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb. Auf Cystoseirafragmenten. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

13. *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derb. u. Sol. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

14. *Hydroclathrus cancellatus* Bory. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

15. *Dictyota dichotoma* (Huds.) Lamx. Junge sterile Pflanze. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

16. *Padina pavonia* Grev. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

Rhodophyceae

17. *Laurencia hybrida* D. C. forma. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

18. *Laurencia pinnatifida* (Gmel.) Lamx. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

19. *Gelidium capillaceum* (Gmel.) Kg. forma. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 24. 12. 07. — Auf großen Steinblöcken am Blockstrand bei der Punta de los Canarios. 24. 12 07. (Fragmente und junge Pflanzen, verbleichtes Material.)

20. *Asparagopsis delilei* Mont. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

21. *Corallina officinalis* L. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07. — Cueva del Conde. Überziehen große Flächen des Felsbodens. 13. 1. 08.

22. *Corallina virgata* Zan. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

23. *Lithophyllum oligocarpum* Fos. Cueva del Conde. 13. 1. 08.

24. *Lithophyllum papillosum* (Zan.) Fos. Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 28. 12. 07.

25. *Lithothamnium bisporum* Fos. Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

26. *Lithothamnium canaricae* Fos. Zweige. Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Eumycetes

27. *Polyporus* spec. (?). Cumbre del Carbonero. An einem Lorbeerbaumstumpf. 4. 1. 08.

28. *Polyporus* spec. (?). Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

29. Unbestimmter Hutpilz. Ermita de las Nieves. Auf Grasboden. 1. 2. 08.

30. Unbestimmter Hutpilz. Ermita de las Nieves. Auf Grasboden. 1. 2. 08.

Lichenes

31. *Lecidea lavicola* Stnr. n. sp. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

32. *Toninia aromatica* (Ach.). Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07. — Roter Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

33. *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. Auf dem Waldboden. Ermita de las Nieves. 1. 2. 08. — Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

34. *Cladonia rangiformis* Hoffm. Auf dem Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

35. *Acarospora lavicola* Stnr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

36. *Lobaria pulmonaria* (L.) var. *papillaris* D. C. Überwuchert dicht die Stämme der Lorbeerbäume. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Wald zwischen dem Alto de Garajonay und der Ermita de las Nieves. 4. 3. 08.

37. *Lobarina serobiculata* (Scrop.) Nyl. Alto de Garajonay. Auf dem Boden. 4. 3. 08.

38. *Peltigera canina* (L.) Hoffm. Überwuchert in dichten Massen den Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

39. *Pertusaria sulphurea* Sch. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

40. *Pertusaria* spec. Steril. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

41. *Lecanora luteola* Stnr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

42. *Ochrolechia parella* (L.) Mass. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

43. *Candelariella vitellina* (Ach.). Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

44. *Parmelia nilgherrensis* Nyl. (?) An den Stämmen der Lorbeerbäume. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

45. *Platysma glaucum* Nyl. var. *fallax*. Alto de Garajonay. Auf dem Boden. 4. 3. 08.

46. *Usnea plicata* Ach. Cumbre del Carbonero. An den Stämmen der Heidebäume. 4. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Auf *Cistus monspeliensis* L. 1. 2. 08.

47. *Usnea* spec. Von einem Heidebaum. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

48. *Blastenia ferruginea* f. *saxicola* Mass. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

49. *Caloplaca (Gasparrinia) elegans* (Link.) Th. Fr. Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07.

50. *Caloplaca (Gasparrinia) gomerana* Stnr. n. sp. Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07. — Roter Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

51. *Caloplaca (Gasparrinia) serriophila* (Mass.) Zahlbr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

52. *Theloschistes flavicans* (Sw.) Ermita de las Nieves. Auf dem Boden. 1. 2. 08. — Alto de Garajonay. Von einem Heidebaum. 4. 3. 08.

53. *Rinodina alba* (Metzler) Arld. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

54. *Anaptychia leucomelaena* (L.) Ermita de las Nieves. Auf dem Boden. 1. 2. 08.

— — —

Bryophyta

Die Moose meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Herzog.

55. *Neckera intermedia* Brid. Überwuchert die Stämme der Lorbeerbäume, hängt in langen Strähnen herab. 4. 1. 08.

56. *Antitrichia curtipendula* (Hdw.) Brid. Auf dem Boden und an den Heidebäumen. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

57. *Orthotrichum lyelli* Hook. u. Tayl. var. *crispatum* Schiffner. Auf einem Heidebaum und auf *Euphorbia berthelotii* C. Bolle. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

58. *Stereodon cupressiformis* (L.) var. Auf *Erica arborea* L. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

Pteridophyta

Die Pteridophyten meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Schenck.

59. *Pteris aquilina* L. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

60. *Adiantum capillus veneris* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

61. *Aspidium canariense* A. Br. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

62. *Cystopteris fragilis* Bernh. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

63. *Asplenium adiantum nigrum* L. var. *acutum*. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

64. *Asplenium hemionitis* L. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

65. *Notochlaena marantae* R. Br. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

66. *Selaginella denticulata* Lk. Überzieht in dichten Rasen den Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

Gymnospermae

67. *Juniperus phoenicea* L. Auf den Felsen links von der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

Angiospermae

In die Bestimmung der Angiospermen meiner Sammlung teilten sich die Herren Professor Schenck, Professor Schröter und Dr. Rikli.

Monocotylae

68. *Juncus acutus* L. Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08.

69. *Allium trifoliatum* Cyr. Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08.

70. *Asphodelus fistulosus* L. Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

71. *Asphodelus microcarpus* Viv. Felskuppe der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

72. *Romulea* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

73. *Tamus edulis* Lowe. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

Dicotylae

74. *Salix canariensis* Chr. Sm. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

75. *Myrica faya* Ait. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

76. *Parietaria judaica* Hoff. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

77. *Rumex bucephalophorus* L. Weg von Valle Hermoso nach Valle Gran Rey. 21. 2. 08.

78. *Chenopodium* oder *Atriplex* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

79. *Chenopodium* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

80. *Achyranthes aspera* L. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

81. *Aizoon canariense* L. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

82. *Aizoon* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

83. *Persea indica* Spreng. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

84. *Raphanus raphanistrum* L. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

85. *Fumaria montana* A. Schmidt. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

86. *Fumaria* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

87. *Nasturtium officinale* R. Br. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

88. *Cistus monspeliensis* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

89. *Hypericum canariense* L. Weg zwischen Agulo und Valle Hermoso. 18. 2. 08.

90. *Tamarix* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

91. *Frankenia* spec. Valle Hermoso. 20. 2. 08.

92. *Opuntia ficus indica* Mill. Barranco de la Guancha. 1. 2. 08.

93. *Geranium robertianum* L. Bergwand bei Agulo. 17. 2. 08.

94. *Geranium* spec. Zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

95. *Erodium* spec. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

96. *Erodium* spec. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

97. *Linum angustifolium* D. C. Chipude. 23. 2. 08.

98. *Zygophyllum fontanesii* Webb u. Berth. Ermita de la Guadelupe. Felsiger Abhang der Landzunge. 21. 12. 07.

99. *Ilex canariensis* Webb. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08; 12. 2. 08.

100. *Euphorbia berthelotii* Bolle. Barranco de Agando. 24. 2. 08. — Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

101. *Euphorbia canariensis* L. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 23. 2. 08

102. *Euphorbia helioscopia* L. Valle Gran Rey. 23. 2. 08.

103. *Euphorbia paralias* L. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

104. *Euphorbia* spec. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

105. *Astydamia canariensis* D. C. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

106. *Sempervivum* spec. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

107. *Sempervivum* spec. Oberhalb Barranco del Cabrito. 1. 2. 08.

108. *Sedum* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

109. *Sedum* spec. Barranco de Agando. 24. 2. 08.

110. *Rubus* spec. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

111. *Lupinus albus* L. Zwischen Alajero und San Sebastian. 24. 2. 08.

112. *Lotus creticus* L. Barranco de la Villa. Zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Valle Hermoso. 19. 2. 08.

113. *Ceratonia siliqua* L. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

114. *Psoralea bituminosa* L. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

115. *Adenocarpus foliolosus* Ait. Valle Hermoso. 21. 2. 08.

116. *Epilobium parviflorum* Schreb. Berge hinter Agulo. 17. 2. 08.

117. *Eucalyptus globulus* D. C. Hermigua, unterer Kirchplatz. 14. 2. 08.

118. *Erica arborea* L. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

119. *Anagallis arvensis* L. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08. — Barranco de la Villa. 12. 2. 08. — Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08. — Var. *coerulea.* Barranco del Balo. 26. 1. 08.

120. *Jasminum barrelieri* Webb. u. Berth. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

121. *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian am Bach in großer Menge. Stengel und Blätter dicht mit gelben Blattläusen besetzt. Raupen von *Danais chrysippus* L. 10. 12. 07.

122. *Echium plantagineum* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Alajero. 24. 2. 08.

123. *Nicotiana glauca* L. Valle Gran Rey. 22. 2. 08.

124. *Nicotiana tabacum* L. Valle Hermoso. 20. 2. 08.

125. *Datura arborea* L. San Sebastian. Garten des Columbushauses. 21. 1. 08.

126. *Solanum pseudocapsicum* L. Bergwand bei Agulo. 17. 2. 08.

127. *Lavandula multifida* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Valle Hermoso. 19. 2. 08.

128. *Antirrhinum orontium* L. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

129. *Leucophaë* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

130. *Sherardia arvensis* L. Ermita de las Nieves. 1. 3. 08.

131. *Plocama pendula* Ait. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

132. *Chrysanthemum frutescens* L. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07. — Var. *parviflorum* Pitard. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

133. *Artemisia canariensis* Lees. Barranco del Ingenio. 4. 3. 08.

134. *Calendula arvensis* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

135. *Senecio (Cineraria) populifolius* D. C. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

136. *Senceio (Cineraria)* spec. Weg zwischen Agulo und Valle Hermoso. 18. 2. 08.

137. *Kleinia neriifolia* Haworth. Oberhalb Barranco del Cabrito. 1. 2. 08.

138. *Bidens pilosa* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Weg zwischen Valle Hermoso und Valle Gran Rey. 21. 2. 08.

139. *Sonchus jacquini* D. C. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

140. *Sonchus* spec. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

141. *Prenanthes spinosus* Forsk. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07. — Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

142. *Andryala pinnatifida* Ait. Barranco de la Villa. zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

143. *Galactites* spec. Bergwand bei Agulo. 15. 2. 08.

144. *Zollikoferia* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

III. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Gesteine

Für die nachfolgende Charakteristik der Laven, Schlacken und Tuffe von Gomera bin ich den Herren Professor Paulcke und Dr. Henglein zu Dank verpflichtet.

Laven

1. Braun verwitterte Gekröselava von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 14. 12. 07.

2. Braun verwitterte Gekröselava mit weißen Kalkspatausblühungen. Von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

3. Kompakte, basaltische Lava von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

4. Kompakte, basaltische Lava mit Hohlraum. Von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

5. Blasige Lava mit deutlicher Fluidalstruktur durch die in die Länge gezogenen Hohlräume. Von dem Trümmergestein bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

6. Lava mit weißen, kugeligen Kalkspatausblühungen. Vom Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

7. Dichte, basaltische Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen. Vom Blockstrand zwischen dem Barranco del Machal und dem Barranco de la Guancha. 22. 1. 08.

8. Kompakte, basaltische Lava von der Felswand unter dem Weg nach der kleinen Mole am Hafen von San Sebastian. 30. 12. 07.

9. Glasige, poröse, rotbraun verwitterte Lava von der hinteren Wand der Cueva del Conde. 20. 1. 08.

10. Sehr dichte, schwärzliche Lava mit Eisenglanz (?). Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

11. Massige, feinporöse, schwarze Lava von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

12. Basaltische Lava mit ausgesprochen dünnplattigen Absonderungserscheinungen. Von einer Felswand bei der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa. 4. 1. 08.

13. Schwarze, basaltische Lava mit brauner Verwitterungsrinde. Von der Felskuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

14. Sehr dichte, basaltische Lava von der Talsohle des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

15. Ziemlich dichte, graubraune Lava, reichlich von Abkühlungsrissen durchsetzt, nach denen das Gestein in eckige Stücke klüftet. Von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

16. Graue Lava mit weißen, kugeligen Kalkspatinkrustationen, an denen die Kristallflächen deutlich sichtbar sind. Von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

17. Feinporöse Lava mit weißen Kalkspatausscheidungen in Hohlräumen. Von dem roten Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

18. Dichte, basaltische Lava mit plattenförmiger Absonderung. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

19. Stark kaolinisierte, weiße Masse, wahrscheinlich stark zersetzte Lava. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

20. Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen. Von einem abgestürzten Block am Felsenpfad zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

21. Graue, basaltische Lava vom Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

22. Kaolinisiertes, weißes Gestein (durch Gase und Dämpfe zersetzte Lava). Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

23. Dichte, schwärzliche, einschlußreiche Lava. Am felsigen Abhang der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe in regellos gelagerten Blöcken aus dem Boden ragend. 21. 12. 07.

24. Graue, basaltische Lava. Tritt am Fuß des felsigen Abhangs der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe zutage. 21. 12. 07.

25. Graue, basaltische Lava von der Felswand hinter Agulo. 17. 2. 08.

26. Basaltische Lava mit gelbgrünem Mineral. Bildet hohe Wände am oberen Weg von Agulo nach Hermigua. 15. 2. 08.

27. Sehr feldspatreiche, gelbgrüne Lava mit braunen Mangandendriten. Vom oberen Weg zwischen Hermigua und Agulo. 16. 2. 08.

28. Schwarzgrüne, dichte, spezifisch außerordentlich schwere Lava (Diabas). Felsen an der Küste westlich von der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

29. Graugrüne, olivinreiche Lava (Diabas) von der Felswand an der Küste westlich von der Mündung des Valle Hermoso. Bildet Gänge. 19. 2. 08.

30. Ziemlich dichte, braune Lava mit Sanidin(?)-Tafeln als Einsprenglingen. Barranco de Benchijigua. 24. 2. 08.

31. Dichte, graue Lava mit blauer Anflugfarbe auf Klüften. Valle Gran Rey. 23. 2. 08.

32. Graue, dichte, stark feldspathaltige Lava vom Felsboden auf dem Gipfel des Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

33. Stark kaolinisiertes, weißes Gestein (durch Gase und Dämpfe zersetzte Lava). Weg zwischen Ayamorna und San Sebastian. 24. 2. 08.

34. Lavagerölle und olivinreicher Lavasand von dem Strand bei San Sebastian, der Mündung des Barranco de Bilbao und der Ermita de la Guadelupe. Winter 1907/08.

35. Von der Brandung zerfressenes Lavagestein vom Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07. — Desgleichen vom Felsenstrand bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

Schlacken

36. Schwarze Schlacke aus dem rotbraunen Tuff-Felsen bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

37. Rotbraune Schlacke von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

38. Rotbraune Schlacke von dem roten Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

39. Poröse Schlacke aus dem Tuff Nr. 56. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

40. Rotbraune, stark poröse Schlacke mit deutlich teigartig verkneteter Oberfläche. Vom südlichen Talhang des Barranco del Balo. 26. 1. 08.

41. Rotbraune Schlacke. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

42. Braunrote Schlacke. Chipude. 23. 2. 08.

Tuffe

43. Tuff aus braunroten Aschen. Hohlräume mit weißer Mineralsubstanz (Kalkspat) inkrustiert. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

44. Brauner Tuff aus kleinen, bis erbsengroßen Lapilli. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

45. Grauer Bimssteintuff mit grauen Schlackeneinschlüssen. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

46. Brauner Tuff aus größeren Lapilli. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

47. Feinkörniger, lockerer, gelber Tuff. Hohlräume mit weißer Mineralsubstanz (Kalkspat) inkrustiert. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

48. Weinroter Tuff mit dunkeln, glasigen Schlackeneinschlüssen bis Bohnengröße. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

49. Weinroter, feinkörniger Tuff. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12 07.

50. Brauner Tuff aus größeren Lapilli, bis Taubeneigröße. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

51. Rotbrauner, lockerer Schlackentuff mit weißem Belag und größeren eingebackenen Schlacken. Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

52. Dunkelrotbrauner Tuff aus gröberen, bis bohnengroßen verbackenen Schlacken. Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

53. Rotbrauner Schlackentuff von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

54. Grauer, feinkörniger Aschentuff. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

55. Dichter, grauer Tuff aus ganz feinen Aschen. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

56. Gröberer, dunkelgrauer Tuff mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken und gröberen Einschlüssen poröser Schlacken. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

57. Rotbrauner Tuff mit weißen Flecken eines kaolinisierten Minerals. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

58. Dunkelbraunroter Tuff mit bläulichweißen Mineralausscheidungen auf den Hohlräumen. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

59. Brauner Schlackentuff mit weißen Mineralausscheidungen (Kalkspat) in den Hohlräumen. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

60. Zersetzter Bimssteintuff. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

61. Brauner Tuff mit weißen Mineralausscheidungen (Kalkspat) auf Spalten. Kristallflächen deutlich sichtbar. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

62. Gelbbrauner Tuff mit amorphen, kugeligen Mineralaggregaten. Kristallflächen nicht sichtbar. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

63. Zersetzter, weißer, bimssteinhaltiger Tuff mit hellen Inkrustationen. Weg zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 7. 2. 08.

64. Blutroter Tuff mit braunen Schlackeneinschlüssen. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

65. Augitführender, brauner, dichter Tuff. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

66. Tuff aus braunen und rotbraunen Schlacken mit kleinen Schneckenschalen. Bildet Schichten am Weg, der nach der Ermita de la Guadelupe abwärts führt. 26. 1. 08.

67. Ziegelroter Tuff. Tritt am Fuß des felsigen Abhangs der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe zu Tage. 21. 12. 07.

68. Tuff mit bunten Schlacken. Von der Felswand hinter Agulo. 17. 2. 08.

69. Kaolinisierter, gelber Tuff. Barranco de Tagora. 18. 2. 08.

70. Gefritteter Tuff. Valle Hermoso. Zum Bauen von Mauern benutzt. 20. 2. 08.

71. Tuff aus bunten Schlacken. Vega y Pala. 24. 2. 08.

72. Grauer Bimssteintuff vom Blockmeer im Barranco de Chinguay. 23. 2. 08.

73. Zersetzter, brauner Tuff mit hellen Flecken und Manganbelag. Waldboden zwischen Laguna grande und Valle Hermoso. 2. 3. 08.

74. Äußerst stark zersetzter, braunroter Tuff. Waldboden zwischen Laguna grande und Valle Hermoso. 4. 3. 08.

75. Gelber, schwarzgesprenkelter Tuff. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

IV. Verzeichnis der von mir benutzten Literatur

1. **Barker-Webb, S.** et **Sabin Berthelot,** Histoire naturelle des iles canaries. Bd. 1, Teil 1: Ethnographie et les annales de la conquète; Teil 2: Miscellanées canariennes. Bd. 2, Teil 1: Géographie descriptive, La statistique, La Géologie; Teil 2: Zoologie. Bd. 3, Teil 1: Géographie botanique; Teil 2: Phytographia canariensis. Paris 1836—1850.

2. **Berwerth, Fritz,** Über vulkanische Bomben von den kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 9, 1894.

3. **Biermann, W.,** Zur physischen Geographie der kanarischen Inseln. Globus, Bd. 52, 1887.

4. **Bösenberg, W.,** Beitrag zur Kenntnis der Arachniden-Fauna von Madeira und den kanarischen Inseln. Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Hamburg, Bd. 13, 1895.

5. **Böttger, Oskar,** Reptilien von Marokko und von den kanarischen Inseln. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Bd. 9, 1873—1875.

6. **Bolle, C.,** Bemerkungen über die Vögel der kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, 1854, 1855.

7. — Mein zweiter Beitrag zur Vogelkunde der kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, 1857.

8. — Der wilde Kanarienvogel. Journal für Ornithologie, 1858.

9. — Die kanarischen Inseln. I. Allgemeines. Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, Neue Folge, Bd. 10, 1861. II. Historischer Umriß. Ebenda. III. Die einzelnen Inseln. 1. Tenerife. Ebenda, Bd. 11, 1861. 2. Gomera. Ebenda, Bd. 12, 1862.

10. — Die Standorte der Farne auf den kanarischen Inseln. I. Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, Bd. 14, 1863.

II. Ebenda, Bd. 17, 1864. III. u. IV. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Bd. 1, 1866.

11. **Brown, A. Samler,** Madeira, Canary Islands and Azores. 8. Edition. London 1905.

12. **v. Buch, Leopold,** Physikalische Beschreibung der kanarischen Inseln. Berlin 1825.

13. **Christ, H.,** Vegetation und Flora der kanarischen Inseln. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 6, 1885.

14. — Eine Frühlingsfahrt nach den kanarischen Inseln. Basel, Genf und Lyon 1886.

15. — Spicilegium canariense. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 9, 1888.

16. — Euphorbia berthelotii C. Bolle. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 13, 1891.

17. **Chun, Karl,** Aus den Tiefen des Weltmeeres. Jena 1900.

18. **Ellerbeck, J. H. T.,** A guide to the Canary Islands. London o. J.

19. **Engler, Adolf,** Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. Teil 1. Leipzig 1879.

20. **v. Fritsch, K.,** Reisebilder von den kanarischen Inseln. Gotha 1867.

21. —, **G. Hartung** und **W. Reiß,** Tenerife, geologisch-topographisch dargestellt. Winterthur 1867.

22. — und **W. Reiß,** Geologische Beschreibung der Insel Tenerife. Winterthur 1868.

23. **Gagel, Curt,** Die Caldera von La Palma. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 1908.

24. — Über die Bezeichnung der vulkanischen Kesseltäler und Schluchten. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 1908.

25. — Der Pik de Teyde auf Tenerife. Himmel und Erde, 1908.

26. — Das Grundgebirge von La Palma. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 60, 1908.

27. — La Palma. Westermanns Monatshefte, Bd. 53, 1909.

28. **Greef, Richard,** Madeira und die kanarischen Inseln in naturwissenschaftlicher, besonders zoologischer Beziehung. Marburg 1872.

29. **Hahn, F. G.,** Inselstudien. Leipzig 1883.

30. **v. Humboldt, Alexander,** Reise in die Aequinoktialgegenden des neuen Kontinents. Deutsch von Hermann Hauff. Bd. 1. Stuttgart o. J.

31. **v. Knebel, Walther,** Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro. Globus, Bd. 90, 1906.

32. — Theorien des Vulkanismus. Globus, Bd. 91, 1907.

33. **Kobelt, W.,** Die Molluskenfauna der makaronesischen Inseln. Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde, Bd. 49, 1896.

34. — Die Verbreitung der Tierwelt. Leipzig 1902.

35. **Koelbel, K.,** Beiträge zur Kenntnis der Crustaceen der kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 7, 1892.

36. **Koenig, A.,** Teneriffa in zoologischer Beziehung. Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens, Jahrg. 47, 1890.

37. — Ornithologische Forschungsergebnisse einer Reise nach Madeira und den kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, Bd. 38, 1890.

38. **Kohlrausch, E.,** Gattungen und Arten der Scolopendriden. Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 47, Bd. 1, 1881.

39. **Kraepelin, K.,** Zoologische Ergebnisse einer Frühjahrs-Exkursion nach Madeira und den kanarischen Inseln. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg, 1894.

40. **Krauß, H.,** Ein Nachtfang auf Teneriffa. Entomologische Nachrichten, Jahrg. 16, 1890.

41. — Systematisches Verzeichnis der kanarischen Dermapteren und Orthopteren mit Diagnosen der neuen Gattungen und Arten. Zoologischer Anzeiger, Jahrg. 15, 1892.

42. **Lindinger, Leonhard,** Afrikanische Schildläuse IV. Kanarische Cocciden. Jahrbücher der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten, Bd. 28, 1910.

43. **v. Löher, Franz,** Nach den glücklichen Inseln. Bielefeld und Leipzig 1876.

44. **May, Walther,** Meine zoologische Studienreise nach den kanarischen Inseln. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe, Bd. 21, 1907/08.

—

45. **May, Walther,** Wanderungen auf La Palma. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe, Bd. 24, 1910/11.

46. — Die Caldera von La Palma. Aus der Natur, Jahrg. 6, 1911.

47. **Meyer, Hans,** Die Insel Tenerife. Leipzig 1896.

48. **Meyer, Victor,** Märztage im kanarischen Archipel. Leipzig 1893.

49. **v. Neumayer, G.,** Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. 3. Auflage. Hannover 1906.

50. **Pax, Ferdinand,** Die Aktinienfauna Westafrikas. Denkschriften der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Jena, Bd. 13, 1908.

51. — Aktinienstudien. II. Aktinien von Gomera. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 45, 1909.

52. **Rathschüler, Josef,** Die kanarischen Inseln in Wort und Bild. Leipzig o. J.

53. **Rebel, H.** und **A. Rogenhofer,** Beiträge zur Lepidopterenfauna der Kanaren. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 7, 1892. Bd. 9, 1894. Bd. 11, 1896. Bd. 13, 1898. Bd. 21, 1906.

54. **Reiß, W.,** Die Diabas- und Lavenformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861.

55. **v. Richthofen, Ferdinand,** Führer für Forschungsreisende. Hannover 1901.

56. **Sapper, K.,** Die kanarischen Inseln. Geographische Zeitschrift, Jahrg. 12, 1906.

57. **Scharff, R. F.,** Some remarks on the Atlantis problem. Proceedings of the Royal Irish Academy, Bd. 24, 1902—04.

58. **Schenck, H.,** Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der kanarischen Inseln. Mit Einfügung hinterlassener Schriften A. F. W. Schimpers. Jena 1907.

59. **Schröter, C.,** Eine Exkursion nach den kanarischen Inseln. Zürich o. J.

60. **Simony, Oskar,** Photographische Aufnahmen auf den kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 16, 1901.

61. **Simroth, H.,** Zur Kenntnis der Azorenfauna. Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 54, Bd. 1, 1888.

62. **Steindachner, Franz,** Über die Reptilien und Batrachier der westlichen und östlichen Gruppe der kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 6, 1891.

63. **Strand, Embrik,** Arachniden von der kanarischen Insel Gomera, gesammelt von Herrn Prof. Dr. W. May. Archiv für Naturgeschichte, 1911, I, 2.

64. **Wallace, A. R.,** Die geographische Verbreitung der Tiere. Deutsch von A. B. Meyer. Dresden 1876.

65. — Island Life. London 1902.

66. **Walther, Johannes,** Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 3 Bände. Jena 1893—94.

173

Energiequanten und Magnetonen.

Von **Dr. O. Lehmann.**

Erwärmen wir einen Körper, halten wir z. B. einen Eisenstab in eine Flamme, so wird seine Temperatur ganz stetig immer höher. Die Moleküle, die kleinsten Partikelchen, aus welchen wir das Eisen zusammengesetzt denken, kommen, wie wir uns vorstellen, in immer stärkere, zitternde Bewegung. Diese Schwingungen, welche zum Teil Schwingungen der das Molekül zusammensetzenden Atome und Elektronen sind, bei festen Körpern sogar vorwiegend, empfinden wir als Wärme, ihre Heftigkeit als Temperatur. Die Bewegung wird im erwähnten Fall auf die Eisenmoleküle übertragen durch die anstoßenden in noch lebhafterer Bewegung befindlichen Moleküle der heißen Verbrennungsgase. Bei einem eingeschlossenen Gase ist die molekulare Bewegung auch Ursache des auf die Gefäßwände ausgeübten Druckes. Vermindern wir die Temperatur um einen Grad, so sinkt der Druck um $\frac{1}{273}$ seines Wertes. Kühlen wir also auf -273° ab, so wird der Druck Null; die Moleküle bewegen sich also nicht, sie besitzen keine Wärme mehr, denn die Wärme besteht eben in ihrer Bewegung; dieser Punkt ist der absolute Nullpunkt der Temperatur. Die von ihm aus gerechnete Temperatur heißt absolute Temperatur und wird mit T bezeichnet. Sei das oben betrachtete Stück Eisen auf den absoluten Nullpunkt abgekühlt und erwärmen wir es, so müßten der bisherigen Auffassung zufolge die anfänglich ruhenden Moleküle stetig in immer stärkeren Schwingungszustand kommen. Wird das Eisen durch Ausstrahlung der Wärme wieder kälter, so müßte der Schwingungszustand der Moleküle stetig geringer werden. Die von M. Planck begründete, von A. Einstein erweiterte, neue Energiequantentheorie sagt nun aus, das könne unmöglich richtig sein, ein Molekül könne

Schwingungsenergie immer nur staffelweise, in bestimmten Quanten, abgeben oder aufnehmen, die das Produkt einer für alle Stoffe gleichen Zahl, des sog. Wirkungsquantums mit seiner Frequenz, d. h. der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, sind.

Um zu verstehen, wie Planck und Einstein zu dieser merkwürdigen, anscheinend allen unseren Erfahrungen widersprechenden Auffassung gelangen konnten, ist es nötig, zunächst die beiden Hauptsätze der Wärmelehre zu betrachten.

Ein Kilogrammstück in einer Höhe von 3600 km gegen die Erde fallend gedacht, erhält durch seine Schwere pro Sekunde eine Zunahme an Geschwindigkeit von 1 m pro Sekunde; man sagt, seine Schwere oder sein Gewicht betrage dort 1 Dezimegadyne. An der Erdoberfläche ist die Fallbeschleunigung 9,81 m (für Karlsruhe), somit ist hier die Schwere des Kilogrammstücks 9,81 Dezimegadynen und die Schwere von $\frac{1}{9,81}$ kg = 1 Dezimegadyne. Hebt man ein solches Gewichtstück von 1/9,81 kg, also von der Schwere 1 Dezimegadyne um 1 Meter in die Höhe, so hat man die Arbeit 1 Joule geleistet. Das gehobene Gewichtstück kann, etwa ein Uhrwerk betreibend, dieselbe Arbeit wieder leisten, es besitzt, wie man sagt, die potentielle Energie 1 Joule. Fällt es frei 1 m herab, so verwandelt sich seine potentielle Energie in Bewegungsenergie, die nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie, welches auch erster Hauptsatz der Wärmelehre ist, ebenfalls 1 Joule betragen muß. Beim Aufstoßen auf eine unelastische Unterlage kommt das Gewichtstück zur Ruhe und der erste Wärmesatz sagt aus, die dabei auf Kosten der Bewegungsenergie entstehende Wärme betrage ebenfalls 1 Joule. Man hat gefunden, daß, um 1 kg Wasser um 1 Grad Celsius zu erwärmen, die Wärmeenergie oder Wärmemenge 4189 Joule erforderlich ist. Diese Wärmemenge nennt man auch 1 Kalorie und die Zahl 4189 das »mechanische Wärmeäquivalent«. Stellen wir uns nun einen mit Druckluft gefüllten Kessel vor, welcher sich durch einen Hahn in Verbindung setzen lasse mit einem reibungslos arbeitenden Druckluftmotor, der durch eine geeignete Vorrichtung, etwa durch ein um das Schwungrad gelegtes beliebig zu spannendes Band gebremst werden könne. Der Auspuff des Motors münde in einen geräumigen vollkommen evakuierten Kessel. Die beweglichen Teile des Motors seien aus so leichtem Material gefertigt, daß ihre Bewegungsenergie ver-

nachlässigt werden könne. Öffnen wir nun den Hahn, während das Bremsband mäßig angezogen ist, so kommt der Motor in Gang und leistet Arbeit gegen die Bremse, welche die auftretende Bewegungsenergie sofort in Wärme verwandelt, die durch Leitung und Strahlung verloren geht. Die pro Sekunde geleistete Arbeit betrage A Joule, was man auch so ausdrücken kann, der Effekt des Motors sei A Watt, da eine ständige Arbeitsleistung von 1 Joule pro Sekunde als der Effekt 1 Watt bezeichnet wird. Dem ersten Wärmesatz zufolge muß eine der geleisteten Arbeit gleiche Wärmemenge verschwinden, die Druckluft muß sich abkühlen. Die Änderung der in ihr enthaltenen Energie betrage U Joule. Fände keine Wärmezuleitung aus der Umgebung statt (wäre der Prozeß ein adiabatischer), so müßte natürlich $U = A$ sein. Wird nun aber der Prozeß isotherm geleitet, d. h. strömt der Vorrichtung beständig soviel Wärme, es seien Q Joule pro Sekunde, zu, daß die Temperatur konstant bleibt, so ist die Energieabnahme natürlich um diesen Betrag geringer, es ist $U = A - Q$. Man könnte auch erst adiabatische Expansion eintreten lassen und dann erwärmen. Sobald der Endzustand derselbe ist, ist auch die Energieänderung U dieselbe, sie hängt nach dem ersten Wärmesatz nicht ab von dem Wege, auf welchem der Endzustand erreicht wurde.

Würde man das Bremsband ganz locker lassen, so daß $A = 0$ und würde auch keine Wärme zugeführt, also $Q = 0$, so wäre $U = 0$. Die Luft würde sich zwar vorübergehend auch in diesem Fall abkühlen, da sie in Bewegung gerät, aber durch innere Reibung würde die Bewegungsenergie alsbald wieder in Wärme übergehen, so daß sich die Anfangstemperatur wiederherstellen müßte[1]. Die Arbeit A wird um so größer, je stärker man das Bremsband anzieht, und sie wird ein Maximum, wenn der durch die Bremsung auf den Kolben ausgeübte Gegendruck eben gleich dem Druck der Druckluft ist. Dann kann sich der Kolben ebensogut nach der einen wie nach der anderen (entgegengesetzten) Richtung bewegen, d. h. die Vorrichtung kann sowohl als Motor wie als Kompressionspumpe wirken. In letzterem Fall wird Arbeit verbraucht und dafür durch Kompression des Gases Wärme

[1] Streng gültig nur für ein sog. vollkommenes Gas; bei einem unvollkommenen (z. B. Luft) ist (infolge molekularer Änderungen) die Expansion mit Abkühlung (von welcher bei Linde's Luftverflüssigungsverfahren Gebrauch gemacht wird), bei einem übervollkommenen (z. B. Wasserstoff bei Zimmertemperatur) mit Erwärmung verbunden.

erzeugt. Wird im ersten Fall der Vorgang gleichzeitig isotherm geleitet, d. h. wird beständig soviel Wärme zugeführt, daß die Temperatur konstant bleibt, so ist für ein vollkommenes Gas $U = 0$ also $A = Q$, d. h. die aufgenommene Wärme wird vollständig in mechanische Arbeit umgesetzt.

Im Prinzip stellt die Vorrichtung in dieser Anwendung, falls man bei stark erhöhter Temperatur arbeitet, einen Heißluftmotor dar. Praktisch brauchbar ist ein solcher nicht, denn man kann den Zylinder nicht unendlich lang machen; der Kolben muß vielmehr wieder zurückkehren können, d. h. es muß ein Auspuff angebracht sein. Die durch diesen austretende Luft nimmt dann aber ein beträchtliches Quantum Wärme mit sich fort, welches nicht in Arbeit umgesetzt wurde. Bei den wirklichen Heißluftmotoren läßt man deshalb die Luft nicht austreten. Würde man sie einfach unter Konstanthaltung der Temperatur beim Rückgang des Kolbens komprimieren lassen bis zum Anfangszustand, so würde die ganze gewonnene Arbeit wieder verzehrt werden, der Motor wäre wieder völlig unbrauchbar. Man hilft sich deshalb so, daß man die Luft nach der isothermen Expansion sich noch adiabatisch ausdehnen läßt, wobei sie sich abkühlt, so daß zur Kompression auf den Anfangszustand (erst isotherm, dann adiabatisch) eine geringere Arbeit genügt. Dabei ergibt sich nach dem ersten Wärmesatz die Energieänderung $U = A - Q$ für den zweiten Weg ebenso groß wie für den ersten, abgesehen vom Vorzeichen, obschon A und Q andere Werte A_1, Q_1 haben, so daß die nutzbare Arbeit $= A - A_1$ und der Wärmeverbrauch $Q - Q_1$ beträgt; ferner folgt ein allgemein auch für andere Wärmekraftmaschinen gültiges Gesetz, der zweite Wärmesatz, welcher lautet: Der Bruchteil der im ganzen zugeführten Wärme, der sich in nutzbare mechanische Arbeit umsetzen läßt, wird bestimmt durch das Verhältnis des Temperaturgefälles (des Temperaturunterschiedes bei Expansion und Kompression) zur absoluten Temperatur bei der Expansion. Ist letztere T, des Temperaturgefälle dT, die zugeführte Wärme Q und die geleistete Arbeit dA, so hat man somit $dA = \frac{Q}{T}\,dT$. Der Satz erinnert einigermaßen an den Satz von der Arbeit eines Wassermotors, denn der Effekt eines solchen ist gleich dem Gewicht des pro Sekunde durchgehenden Wassers multipliziert mit dem Gefälle des Wassers. Auf Grund dieser

Analogie hat man deshalb auch den Quotienten $\frac{Q}{T}$ das »Wärmegewicht« genannt. In der Tat ist, wenn Q_1 die von der Maschine abgegebene Wärme bedeutet und T_1 die Temperatur (der Kompression), bei welcher sie abgegeben wurde, das abgegebene Wärmegewicht $\frac{Q_1}{T_1}$ ebensogroß wie das aufgenommene $\frac{Q}{T}$, falls die Maschine eine möglichst vollkommene ist. Im allgemeinen ist aber das abgegebene Wärmegewicht größer als das aufgenommene. Auch dieser Satz gilt allgemein, und zwar nicht nur für Wärmekraftmaschinen, sondern für jeden Energieumsatz, derart, daß wenn man die Summe aller der Wärmegewichte, die man einem System zuführen muß, um es vom absoluten Nullpunkt an in seinen tatsächlichen Zustand überzuführen, die Entropie des Systems, nach der Umwandlung größer ist als zuvor.

Um beispielsweise 1 kg eines Gases um dT Grad beim Druck p Dezimegadynen pro Quadratmeter zu erwärmen, braucht man die Wärmemenge $c_p \cdot dT$ Joule, wenn c_p die spezifische Wärme bei konstantem Druck, d. h. die Zahl Joule bedeutet, welche bei konstantem Druck eine Erwärmung um 1° hervorbringen würde. Demgemäß ist die Änderung der Entropie $dS = c_p \cdot \frac{dT}{T}$ oder wenn c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen und v das spezifische Volumen d. h. das Volumen von 1 kg in Kubikmetern und dv dessen Änderung: $dS = \frac{1}{T}(c_v\, dT + p \cdot dv)$. Nun gilt für alle Gase das sogenannte Gasgesetz: $\frac{p \cdot v}{T} = \frac{8319}{m}$, worin m das Molekulargewicht des Gases ist; also ist $dS = c_v \cdot \frac{dT}{T} + \frac{8319}{m} \cdot \frac{dv}{v}$ und $S = c_v\, ln\, T + \frac{8319}{m}\, ln\, v + S_1$ Joule pro Grad, wobei S_1 eine Konstante bedeutet, deren Wert sich nicht ohne weiteres bestimmen läßt, indes im allgemeinen gleichgültig ist, da gewöhnlich nur Änderungen der Entropie in Betracht kommen.

Befindet sich nun das Gas in einem geschlossenen wärmeundurchlässigen Gefäß und wird es mit einer in gleicher Art abgeschlossenen Gasmasse von niedrigerer Temperatur T_1 vermischt, so bleibt die ganze den beiden Gasmassen zugeführte Wärmemenge $Q + Q_1$ ungeändert, wohl aber ändert sich die Entropie, und zwar wächst sie, da die Temperatur etwa auf den Wert T_2 sinkt, denn $\frac{Q}{T} + \frac{Q_1}{T_1} < \frac{Q+Q_1}{T_2}$. Der Endzustand dieses Wärmeleitungs-

prozesses ist eingetreten, sobald die Entropie ihren Maximalwert erreicht hat.

In welcher Weise läßt sich nun dieses Streben der Entropie, einen Maximalwert anzunehmen, deuten? Das Gasgesetz kann der kinetischen Gastheorie zufolge abgeleitet werden aus der Annahme, der Druck des Gases auf die Gefäßwände sei bedingt durch die Stöße der Moleküle und die absolute Temperatur entspreche der kinetischen Energie der Moleküle, wachse also mit dem Quadrat ihrer mittleren Geschwindigkeit. Weiter ist anzunehmen 1 Kilogrammatom, d. h. eine Quantität des Gases, die soviel Kilogramm wiegt als das Atomgewicht beträgt, enthalte $640 \cdot 10^{24}$ Atome (oder 1 Kilogrammol $640 \cdot 10^{24}$ Moleküle), deren Geschwindigkeiten nach dem Maxwellschen Gesetz verteilt sind, d. h. so daß die mittlere Geschwindigkeit am häufigsten vorkommt und größere und kleinere, nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit weniger, in gleicher Weise wie etwa fehlerhafte Beobachtungen bei Messungen. Hieraus folgt sodann, daß die mittlere Bewegungsenergie eines Atoms pro Freiheitsgrad $= \frac{13{,}46}{2} \cdot 10^{-24}\, T$ Joule betragen muß, wobei 13,46 die auf ein Atom bezogene Gaskonstante $\left(= \frac{8319}{640 \cdot 10^{24}}\right)$ ist. Da ein Atom drei voneinander unabhängige Bewegungskomponenten nach den drei Dimensionen des Raumes haben kann, ist hiernach die mittlere Bewegungsenergie eines Atoms bei der Temperatur T Grad $= 20{,}20 \cdot 10^{-24}\, T$ Joule.

Bei Vermischung des heißen Gases mit dem kalten wird sich die Verteilung der Werte der Geschwindigkeit so lange ändern müssen, bis im Mittel jedes Molekül wieder die, dieser Formel entsprechende, durch die nunmehr niedriger gewordene Temperatur T_2 bestimmte Energie besitzt, was dann der Fall sein wird, wenn die Verteilung der Geschwindigkeiten wieder dem Maxwellschen Gesetz entspricht, d. h. wenn sie diejenige geworden ist, die die größte Wahrscheinlichkeit besitzt. Augenscheinlich ist somit das Streben der Entropie, einen Maximalwert anzunehmen, identisch mit dem selbstverständlichen Vorgang, daß die Verteilung der Geschwindigkeiten dem wahrscheinlichsten Zustande zustrebt; mit andern Worten, die Entropie muß proportional sein der Wahrscheinlichkeit des vorhandenen Zustandes, wie zuerst L. Boltzmann gezeigt hat. Um diese Wahrscheinlichkeit zu finden, stelle man

die Gesamtenergie E des Gases durch eine geradlinige Strecke dar[1] und teile diese in eine sehr große Anzahl gleicher kleiner Abschnitte, z. B. 1000. Die Atome mögen numeriert werden und in den ersten Abschnitt notiere man die Nummern der Atome (Moleküle), welche in einem bestimmten Moment die Energie 0 bis $\frac{E}{1000}$ besitzen, in den zweiten die Nummern der Atome, welche die Energie $\frac{E}{1000}$ bis $\frac{2E}{1000}$ besitzen, in den dritten die Nummern derjenigen, welche die Energie $\frac{2E}{1000}$ bis $\frac{3E}{1000}$ haben usw. In einem andern Momente wären natürlich andere Nummern einzutragen, in einem dritten wieder andere. Ermittelt man nun die Zahl aller möglichen derartigen Verteilungen der Atomnummern auf die Intervalle, so hat man die gesuchte Wahrscheinlichkeit W des betreffenden Zustandes und es ist die Entropie bezogen auf 1 Atom $= 13{,}46 \cdot 10^{-24} \ln W +$ Const. $\frac{\text{Joule}}{\text{Grad}}$. Daß auch hier, wie bei dem oben gegebenen Ausdruck für die Entropie eine unbestimmte Konstante hinzukommt, erklärt sich in folgender Weise. Würde man die Abschnitte kleiner, also ihre Zahl größer wählen, so würde entsprechend auch W größer werden. Der Proportionalitätsfaktor ist unbestimmt und beim Bilden des Logarithmus erhält man die Summe der Logarithmen von W und des Logarithmus des Proportionalitätsfaktors. Letzterer ist augenscheinlich die unbestimmte Konstante.

Denken wir uns wieder ein mit Gas gefülltes, geschlossenes, für Wärme undurchdringliches Gefäß. In demselben mögen sich ferner ein heißer und ein kalter Körper befinden. Durch Leitung wird der heiße Körper Wärme an das Gas abgeben und der kalte wird solche von diesem aufnehmen. Gleichgewicht tritt ein, sobald die Temperatur überall dieselbe, die Entropie ein Maximum geworden ist. Ganz derselbe Vorgang wird nun aber eintreten wenn wir die Wände des Gefäßes innen vollkommen spiegelnd denken und das Gas daraus völlig entfernen, so daß Wärmeleitung unmöglich wird. In diesem Falle erfolgt die Wärmeübertragung durch Strahlung; die sich genau so verhält, wie wenn sie eine Temperatur hätte wie das wärmeleitende Gas. Wieder tritt Gleichgewicht ein, wie wenn die Entropie ein Maximum geworden

[1] Siehe M. Planck, Physik. Zeitschr. 13, 173, 1912.

wäre; doch in welcher Weise könnte in diesem Falle von einer Entropie gesprochen werden, die doch als Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des Zustandes, des durchstrahlten Raumes gedeutet werden müßte, während dieser aber leer ist? Nehmen wir den einfachen Fall, ein heißer Körper kühle sich im leeren Raume lediglich durch Strahlung ab. Seine Temperatur wird niedriger, aber entsprechend auch sein Wärmeinhalt, d. h. die Entropie bliebe ungeändert. Sie muß aber dem zweiten Wärmesatz entsprechend im ganzen wachsen; somit bleibt nur übrig anzunehmen, auch der Strahlung komme Entropie zu. Dieses Ergebnis steht nun aber in direktem Gegensatz zu der durchaus sicher (von H. Hertz) begründeten elektromagnetischen Theorie der Strahlung, welcher zufolge dieselbe besteht aus elektrischen und magnetischen Zuständen des durchstrahlten Mediums (des Äthers), d. h. elektrischen und magnetischen Feldern, von welchen Hunderte von Billionen pro Sekunde, abwechselnd von entgegengesetzter Richtung, von dem strahlenden Körper ausgehen und mit einer Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter in gerader Richtung in den Raum hinauseilen.

Der einfachste Fall einer solchen elektromagnetischen Strahlung ist der der Hertzschen Strahlen, wie sie in der drahtlosen Telegraphie verwendet werden. Zwei Leiter (Antenne und Gegengewicht), die den sogenannten Oszillator bilden, werden entgegengesetzt elektrisch gemacht, bis Entladung zwischen ihnen eintritt. Infolge der Selbstinduktion ist die Entladung eine oszillierende. Die elektrische Energie, welche $\frac{1}{2} C \cdot E^2$ Joule beträgt, wenn C die Kapazität der beiden Leiter in Farad und E ihre Spannungsdifferenz in Volt bedeutet, wandelt sich in magnetische Energie um, deren Menge auch ausgedrückt werden kann durch die Formel $\frac{1}{2} L J^2$ Joule, wenn L der Selbstinduktionskoeffizient in Henry und J die Stromstärke in Ampère. Diese geht dann wieder in elektrische Energie über usw., so daß eine vollständige Schwingung $2\pi\sqrt{CL}$ Sekunden beansprucht. Der Abstand zweier aufeinanderfolgender gleichgerichteter Felder, die sogenannte Wellenlänge der Strahlung beträgt $3 \cdot 10^8 \cdot 2\pi\sqrt{CL}$ Meter. Die Hälfte dieser Wellenlänge ist die Länge des Ozillators. Für die äußersten Wärmestrahlen hat man so die Länge des Oszillators zu 50, für die äußersten chemischen Strahlen zu 0,05 Tausendtel Millimeter

bestimmt. Für die sichtbaren Strahlenarten liegt sie zwischen diesen äußersten Grenzwerten. Hieraus geht hervor, daß es die einzelnen Moleküle der Körper sein müssen, welche die genannten Strahlenarten aussenden, daß sich also in ihnen Elektronen in schwingender Bewegung befinden müssen.

Fällt die Strahlung auf einen Körper, welcher Resonatoren enthält, d. h. Moleküle von gleicher Eigenschwingungsdauer wie die Oszillatoren, so bringt sie diese auf Kosten ihrer Energie in Mitschwingung; sie kann somit einen solchen Körper nicht oder nur abgeschwächt durchdringen, sie wird von ihm absorbiert oder reflektiert. Ein absolut schwarzer Körper ist ein solcher, welcher Strahlenarten von allen möglichen Frequenzen absorbiert, indem er ihre Energie in Wärme umsetzt. Ein absolut weißer oder blanker Körper reflektiert alle Strahlenarten ohne Schwächung; ein selektiv reflektierender oder absorbierender Körper reflektiert bezw. absorbiert nur eine oder einige Strahlenarten.

Nehmen wir nun der Einfachheit halber an, in dem spiegelnden luftleeren Hohlraum befänden sich nur ein einziger Oszillator und ein einziger Resonator. Zwischen beiden wird dann eine Energieübertragung stattfinden ähnlich wie zwischen zwei gleichen durch einen elastischen Faden verbundenen Pendeln. Bekanntlich geht bei solchen die Energie zunächst vollständig auf den Resonator über, dann von diesem wieder auf den Oszillator usw. Ähnliches beobachtet man auch bei pendelartig nebeneinander aufgehängten elastischen Kugeln. Läßt man die eine gegen die andere stoßen, dann nimmt diese zunächst die ganze Energie auf, überträgt sie dann wieder durch Stoß auf die erste usw. Geht wie im betrachteten Fall keine Energie verloren, so muß das Hin- und Herpendeln immerfort andauern, es kann niemals ein Gleichgewichtszustand eintreten. Auch ein gestoßener, vollkommen elastischer Körper wird nur in einen Zustand stehender Schwingungen kommen, es wird sich die Energie des Stoßes nicht in Wärmeenergie umsetzen. Damit solches geschehe, muß Unordnung eintreten können wie bei den Molekülen eines Gases, die nicht durch elastische Kräfte an bestimmte Gleichgewichtslagen gebunden sind. Im Falle der Strahlung eines heißen Körpers ist nun zwar insofern ein gewisser Grad von Unordnung vorhanden, als die einzelnen Moleküle Oszillatoren von ganz verschiedener Richtung und Phase des Schwingungszustandes darstellen. Dieser ändert sich aber

nicht mit der Zeit, falls die Moleküle durch elastische Kräfte an eine Gleichgewichtslage gebunden sind. Somit ist auch die Unordnung der Strahlung nur eine derartige wie bei einem elastischen Körper, und ebenso wie in diesem kann keine Wärme entstehen. Man kann weder von Temperatur noch von Entropie der Strahlung sprechen.

Sind zahlreiche Oszillatoren bezw. Resonatoren vorhanden, so wird sich allerdings eine Energieverteilung herstellen müssen wie bei den Molekülen eines Gases, d. h. die mittlere Energie eines Resonators beträgt, da derselbe zwei Freiheitsgrade (entsprechend elektrischer und magnetischer Energie) besitzt, $13,46 \cdot 10^{-24}\, T$ Joule. Gemäß Maxwells elektrodynamischen Gleichungen muß nun aber die mittlere Energie eines Resonators, welcher einer Strahlung von der Frequenz ν und Intensität J_ν ausgesetzt ist, betragen: $\frac{27 \cdot 10^{24}}{8 \pi \nu^2} \cdot J_\nu$ Joule. Durch Gleichsetzung beider Ausdrücke ergibt sich sodann $J_\nu = \text{Konst.} \cdot T \cdot \nu^2$. Merkwürdigerweise widerspricht dies nun aber der Erfahrung direkt, da dann in der Strahlung eines schwarzen Körpers die Intensität der ultravioletten Strahlen die größte sein müßte, während gerade umgekehrt die Wärmestrahlung die intensivste ist. Ferner ergäbe sich für die Intensität der Gesamtstrahlung $J = \int_0^\infty J_\nu \, d\nu = \infty$, ein ganz sinnloses Resultat; auch ist tatsächlich die Intensität der Gesamtstrahlung nach Stefan-Boltzmanns Gesetz $J = 53 \cdot 10^{-9}\, T^4$ Watt pro Quadratmeter.

Die Schwierigkeit läßt sich nun in keiner andern Weise beseitigen als durch die Energiequantentheorie, d. h. durch die Annahme, die strahlenden Moleküle könnten keineswegs wie Hertzsche Oszillatoren stetig strahlen und mit stetig veränderlicher Intensität, sondern nur stoßweise und stufenweise, indem sie bei jedem Stoß ihre ganze Energie $P \cdot \varepsilon$ ausstrahlen, wobei P eine ganze Zahl und ε für alle Stoffe dasselbe Vielfache ihrer Frequenz ν ist, näm. $\varepsilon = 6,55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu$ Joule. Die Zahl $6,55 \cdot 10^{-34}$ heißt, wie schon auf S. 4 erwähnt, das »Wirkungsquantum«.

Die Quantentheorie verwirft also die oben gemachte Annahme der gleichmäßigen Energieverteilung unter allen Molekülen, nimmt vielmehr an, die molekularen Resonatoren seien um so gefräßiger für Energie, je größer ihre Frequenz ist. Mit dieser Annahme gerät sie aber in Konflikt mit den Maxwellschen elektro-

dynamischen Gleichungen, deren Gültigkeit sie doch bei Ableitung der Energieaufnahme eines Resonators in einem Strahlungsfelde voraussetzt; sie macht mit andern Worten die Annahme, aus einem noch nicht aufgeklärten Grunde genüge die Emission der Strahlung nicht den sonst allgemein gültigen elektrodynamischen Gesetzen, sondern nur die Absorption, vielleicht deshalb, weil jede Emission mit der Abschleuderung eines Elektrons verbunden ist[1], und mit Verlust der ganzen Energie, während nach der Emission allmähliche Ansammlung von Energie infolge stetiger Verstärkung des Schwingungszustandes durch Resonanz aber ohne Dämpfung durch Ausstrahlung stattfindet, bis die nächste Emission erfolgt[2].

Nach dieser Annahme ergibt sich die mittlere Energie eines Resonators $= \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{e^{\frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}} - 1}$. Sie muß auch $= \frac{27 \cdot 10^{24}}{8 \pi \nu^2} \cdot J_\nu$ sein, woraus folgt, die Intensität der von einem absolut schwarzen Körper ausgesandten Strahlung von der Frequenz ν muß sein:

$$J_\nu = 8 \pi \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{\nu^3}{27 \cdot 10^{24}} \cdot \frac{1}{e^{\frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}} - 1} \text{ Joule pro cbm.}$$

und die von einem Quadratmeter absolut schwarzer Fläche in jeder Sekunde ausgesandte Strahlungsenergie von der der Frequenz ν entsprechenden Wellenlänge λ:

$$E_\lambda = \frac{9 \cdot 10^{16} \cdot 6.55 \cdot 10^{-34}}{\lambda^5} \cdot \frac{10^{-13}}{e^{\frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-34}}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot \lambda \cdot T}} - 1} \text{ Watt pro qm.}$$

Dieses auf Grund früherer Ergebnisse von W. Wien von M. Planck gefundene und theoretisch begründete Strahlungsgesetz steht

---

[1] Siehe M. Planck, Ber. d. d. phys. Ges. 1912, 113 und Ann. d. Phys. 37, 642, 1912.

[2] Nach der älteren Planck'schen und der Einstein'schen Theorie erfolgt auch die Absorption der Strahlung, d. h. die Aufnahme der Energie durch die molekularen Resonatoren nicht stetig, sondern wie die Emission nur sprungweise in denselben Energiequanten, welche eine Art Energieatome darstellen, was indes unvereinbar z. B. mit der Tatsache erscheint, daß die Bewegungsenergie eines Körpers stetig zu- und abnehmen kann. Vielleicht ist die Absorption mit chemischen Änderungen verbunden, bezw. Aufnahme von Elektronen (siehe A. Einstein, Ann. d. Phys. 37, 832, 1912).

nach den Messungen von Lummer und Pringsheim, wobei als absolut schwarze strahlende Fläche eine kleine Öffnung in der Wandung eines innen geschwärzten Hohlraums diente, mit den Tatsachen in vollkommenster Übereinstimmung; ebenso das sich daraus ergebende Wiensche Gesetz der Verschiebung des Maximums der Strahlung mit der Temperatur: $\lambda_m = \frac{0{,}00294}{T}$ Meter, worin λ_m die Wellenlänge derjenigen Strahlung bedeutet, welche bei der Temperatur T unter allen Strahlen des Spektrums die größte Energie besitzt. Nennt man diese Energie $E_{(\lambda m)}$, so folgt: $E_{(\lambda m)} =$ Konst. T^5, während für die Energie der Gesamtstrahlung, wie zu erwarten, das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz sich ergibt, da $\int_0^\infty E_\lambda \, d\lambda =$ Konst. T^4.

Diese Übereinstimmung der auf Grund der Quantentheorie abgeleiteten Strahlungsgesetze mit der Erfahrung ist nicht nur überraschend, sondern auch von großem praktischem Wert. Es ergibt sich daraus ein außerordentlich rasches Steigen des Wirkungsgrades von Lichtquellen mit der Temperatur, woraus die Glühlampentechnik bereits Nutzen zieht; ferner die Möglichkeit hohe Temperaturen mit großer Genauigkeit auf optischem Wege zu ermitteln[1]. Weiter ergeben sich daraus genauere Werte für molekulare Größen wie z. B. für die Zahl der Moleküle in 1 kg einer Substanz; für die elektrische Masse eines Elektrons usw.; insbesondere aber ein wirklich absolutes, das sog. natürliche Maßsystem, indem man nämlich die Grundeinheiten so festsetzt, daß die Gravitationskonstante, welche bei Anwendung der Grundeinheiten Meter, Kilogramm und Sekunde $66,8 \cdot 10^{-12}$ beträgt und ebenso die 3 Konstanten der Strahlungsformel, das Wirkungsquantum $6{,}55 \cdot 10^{-34}$, die auf ein Atom bezogene Gaskonstante $13,46 \cdot 10^{-24}$ und die Lichtgeschwindigkeit $3 \cdot 10^8$, an Stelle dieser Werte sämtlich den Wert 1 erhalten.

Auf die Frage, welche den Ausgangspunkt unserer Betrachtungen bildete, inwiefern einer Strahlung Temperatur und Entropie zugeschrieben werden können, gibt die Quantentheorie ebenfalls Auskunft, da ihr zufolge der Strahlungsvorgang ein ebenso un-

[1] Vgl. O. Lummer, die Ziele der Leuchttechnik, München, Oldenburg 1903; die optischen Pyrometer in J. Frick-O. Lehmann, physik. Technik, 7. Aufl., Bd. II (2) S. 1772.

geordneter ist wie die molekulare Bewegung in einem Gase. Als Temperatur der Strahlung muß die Temperatur des Körpers betrachtet werden, von welchem sie ausgeht und die Entropie bestimmt sich in gleicher Weise durch den Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des herrschenden Zustandes wie bei einem Gase[1].

Eine große Schwierigkeit bereitet aber die Übertragung der Energie durch den leeren Raum, d. h. die bisherige Annahme, elektrische und magnetische Felder seien Zwangszustände eines unwägbaren, auch den leeren Raum kontinuierlich erfüllenden Mediums, des Äthers; dessen Existenz übrigens auch aus andern Gründen[2] sehr problematisch erscheint.

Die Übertragung der Energie an den Äther erfolgt durch den Strahlungsdruck, welcher auf dem Druck der Ätherkraftfäden beruht und pro Quadratmeter ebensoviel Dezimegadynen beträgt als die Intensität der Strahlung Joule pro Kubikmeter. Da nun aber dem Äther unendlich viele Freiheitsgrade zugeschrieben werden müssen, während die molekularen Oszillatoren nur zwei besitzen, müßte er deren ganze Energie an sich ziehen, es könnte kein Gleichgewichtszustand eintreten. Einstein[3], der Entdecker des Relativitätsprinzips, hat deshalb im gleichen Jahre auch die »Lichtzellentheorie« aufgestellt, welcher gemäß die von den molekularen Oszillatoren ausgesandten Energiequanten auch im absolut leeren Raume ihre Sonderexistenz bewahren, indem sie einen bestimmten Raum erfüllen, welcher sich beim Fortschreiten nicht ändert. Die Abnahme der Strahlungsintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle hätte man sich hiernach einfach in der Weise vorzustellen, daß die Lichtzellen weiter auseinander rücken, während jede Zelle ihre Größe behält und somit auch die Dichte der in ihr enthaltenen elektrischen und magnetischen Energie ungeändert

[1] Siehe W. Wien, Wien. Ann **52**, 132, 1894 u. M. Planck Ann. d. Phys. **1**, 69, 719, 1900; 37, 651, 1912.

[2] Vgl. O. Lehmann, Das Relativitätsprinzip, Verh. des Naturw. Ver. Karlsruhe **23**, 51, 1910, und die Umwandlung unserer Naturauffassung infolge der Entdeckung des Relativitätsprinzips in: Aus der Natur **7**, 705 1911; Wiechert, Phys. Zeitschr. **12**, 689, 737, 1911; M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Braunschweig, Vieweg & S. 1911; G. Helm, Phys. Zeitschr. **13**, 157, 1912.

[3] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 132 (6) 1905; **20**, 199, 1906. Physik. Zeitschr. **10**, 185, 1909.

bleibt. Die Lichtzellen werden von den Oszillatoren in den nicht von Äther erfüllten, sondern absolut leeren Raum hinein gewissermaßen fortgeschleudert wie die feinen Lichtpartikelchen der längst aufgegebenen Newtonschen Emanationstheorie.

Möglicherweise ist die Theorie auch geeignet, verständlich zu machen, weshalb wir die Fixsterne trotz ihrer ungeheuren Entfernung[1] und der im quadratischen Verhältnis mit derselben erfolgenden Abschwächung des Lichtes noch sehen können, und daß wir sie szintillierend sehen entsprechend dem Auftreffen einzelner Lichtzellen auf die Netzhaut unseres Auges.

Auch die Aufnahme der Strahlungsenergie erfolgt nach Einstein nicht stetig, sondern so, daß immer nur ganze Energiequanten aufgenommen werden, wobei dem Relativitätsprinzip (l. c.) zufolge eine Vergrößerung der Masse eintreten muß, wie wenn das aufgenommene Energiequant ein Gewicht von $0{,}72 \cdot 10^{-48}\,\nu$ Kilogramm hätte[2].

Höchst merkwürdig, aber wie sich durch die Messungen von W. Nernst ergeben hat, mit den Erfahrungen im besten Einklang, sind die Folgerungen der Energiequantentheorie bezüglich der spezifischen Wärme oder Atomwärme in der Nähe des absoluten Nullpunkts. Nach der bisherigen kinetischen Theorie muß, wie oben angegeben, die mittlere Energie eines Atoms pro Freiheitsgrad $\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T$ Joule betragen, also für einen festen Körper, da bei diesem die Atome 3 kinetische und 3 potentielle, also im ganzen 6 Freiheitsgrade besitzen, das Sechsfache dieses Betrages. Für 1 Kilogrammatom, d. h. für $640 \cdot 10^{24}$ Atome wäre somit die Energie $\frac{6}{2} \cdot 8319$ Joule pro Grad $= \frac{3 \cdot 8319}{4189} = 5{,}955$ Kalorien pro Grad. Dieses sog. Gesetz von Dulong und Petit stimmt nun aber nur bei höheren Temperaturen, und auch bei diesen bei manchen Stoffen (Kohlenstoff, Bor, Silicium) sehr schlecht.

---

[1] Nach neuesten Bestimmungen ist der kleine Nebel in Koma etwa 50 000 Lichtjahre, d. h. $0{,}5 \cdot 10^{24}$ Meter entfernt.

[2] Die Masse 1 kg $= 90000 \cdot 10^{12}$ Joule. Eine absolute schwarze Fläche verliert an Masse pro Quadratmeter bei der absoluten Temperatur T Grad $5{,}9 \cdot 10^{-25} \cdot T^4$ kg, z. B. bei $T = 1000°$ die Menge $0{,}59 \cdot 10^{-12}$ kg. Ebensoviel gewinnt sie, falls sie Strahlung absorbiert. Ein cbm Sonnenlicht wiegt $53 \cdot 10^{-24}$ kg. 1 Kalorie $= 0{,}0454 \cdot 10^{-12}$ kg; 1 Joule $= 1100 \cdot 10^{-18}$ kg. Die Wucht der Erde infolge ihrer Bewegung um die Sonne $= 0{,}03 \cdot 10^{18}$ kg, während ihre wägbare Masse $= 5{,}88 \cdot 10^{24}$ kg.

In der Tat ergibt sich nach **Einstein** aus der Quantentheorie für den wahren Wert der Atomwärme beim konstantem Volum:

$$C_v = 5{,}955 \sum \frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}} \cdot \left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(e^{\frac{\beta\nu}{T}} - 1\right)^2} \text{ Kalorien,}$$

worin $\beta = \frac{\text{Wirkungsquantum}}{\text{Gaskonstante pro Atom}} = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{13{,}46 \cdot 10^{-24}} = 48{,}65 \cdot 10^{-12}$. Ferner ist

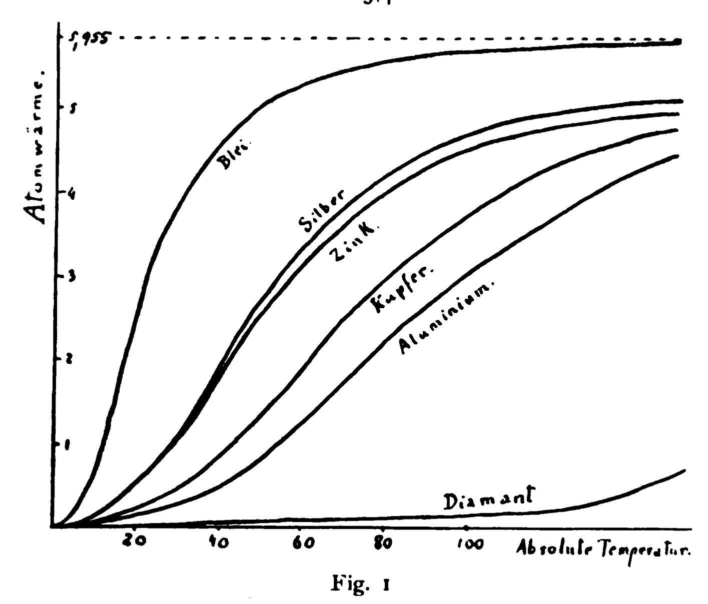


Fig. 1

die mittlere Energie pro Freiheitsgrad ist nicht $\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T$ wie für ein Gasatom, sondern

$$\frac{\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}{1 + \frac{1}{2}\beta\frac{\nu}{T} + \frac{1}{6}\left(\beta\frac{\nu}{T}\right)^2 + \ldots} \text{ Joule.}$$

Ist $\frac{T}{\beta\nu} > 0{,}9$, so nähert sich die Atomwärme dem normalen Wert 5,955; ist aber $\frac{T}{\beta\nu} < 0{,}1$, so ist die Atomwärme nahe gleich Null, was auch verständlich macht, daß die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch ein Molekül, für welche ν sehr groß ist, die Molekularwärme nicht merklich ändert. Für verschiedene Metalle ist die Abhängigkeit der Atomwärme von der Temperatur durch Fig. 1 dargestellt, soweit möglich nach den tatsächlichen Messungen, im übrigen nach der obigen Formel von **Einstein**. Wie man sieht, wird die Atomwärme im Gegensatz zur bisherigen

Auffassung, nach welcher sie stets nahezu 6 sein sollte, in der Nähe des absoluten Nullpunkts, bei welchem die Moleküle nicht mehr in Bewegung sind, ganz außerordentlich klein, sie nähert sich asymptotisch dem Wert Null derart, daß also $\frac{dQ}{dT} = 0$ für $T = 0$.

Erwärmt man nämlich vom absoluten Nullpunkt an, bis von den N Atomen, welche vorhanden sind (für ein kg-Atom sind es $640 \cdot 10^{24}$) gerade eben eines ein Energiequant (ε Joule) aufgenommen hat, so ist nach Einsteins Formel[1] die Temperatur des Körpers $\Delta T = \frac{\beta \nu}{ln N}$. Erwärmt man weiter, bis der Körper die Energie 2ε aufgenommen hat, d. h. bis zwei Atome je ein Energiequant enthalten, so ist die Temperatur $\Delta T_1 = \frac{\beta \nu}{ln N - ln 2}$ und für die Energie $P \cdot \varepsilon : \Delta T_P = \frac{\beta \nu}{ln (N + P) - ln P}$. Trägt man diese Beziehung zwischen Temperatur und zugeführter Wärmemenge in ein Koordinatensystem ein, so ergibt sich die Kurve Fig. 2, welche allerdings in Wirklichkeit keine Kurve, sondern eine treppenartige gebrochene Linie mit der Stufenhöhe ε ist. Bei der geringen Größe von ε kann sie aber als Kurve aufgefaßt werden und man

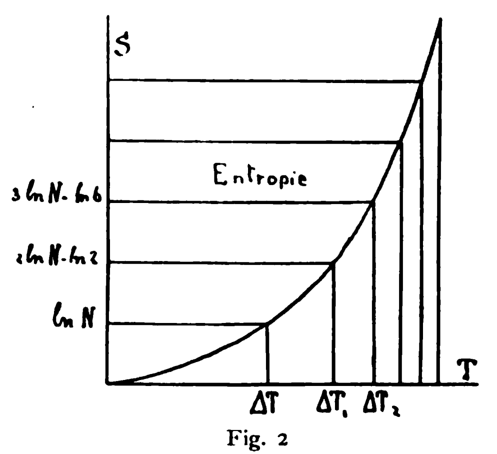


Fig. 2

erkennt deutlich, daß für $T = 0$ $\frac{dQ}{dT} = 0$ sein muß. Dies ist der erste Teil des Nernstschen Wärmetheorems[2], welches von großer Wichtigkeit ist, indem er die oben (S. 7 u. 9) erwähnte unbestimmte Konstante der Entropie zu bestimmen gestattet.

Man muß sich vorstellen, daß in der Nähe des absoluten Nullpunkts die Atome der festen Körper — und andere als feste kommen hier überhaupt nicht in Betracht — fast sämtlich ruhen.

[1] Siehe O. Sackur, Ann. d. Phys. **34**, 455, 1911.

[2] W. Nernst, Theoret. Chemie 5. Aufl., Stuttgart 1907, S. 697. Gött. Nachr. 1906 I, Sitzb. d. Berl. Akad. 1906, 20. Dez., und Nernst, Silliman lectures, Applications of Thermodynamic to Chemistry New York, Ch. Scribners Sohn, 1907; Phys. Zeitschr. **12**, 976, 1911. Zeitschr. f. Elektrochem. **17**, 265, 1911.

Nur eine sehr kleine Anzahl von Atomen hat ein einziges Energiequantum bekommen und die Zahl derjenigen, welche mehrere Energiequanten aufgenommen haben, ist gänzlich zu vernachlässigen. Die Wärme hat bei solchen tiefen Temperaturen auf feste Stoffe keinen merklichen Einfluß, denn eine Temperatursteigerung bedeutet hier keine nennenswerte Energiezufuhr; die beiden spezifischen Wärmen c_p u. c_v sind also für $T = 0$ ebenfalls Null; auch die Temperaturkoeffizienten der Änderung der Gesamtenergie, der Kompressibilität und der Wärmeausdehnung. Letztere genügt der Gleichung $\frac{dV}{dT} = a\, c_v$. Verbindet man die beiden Wärmesätze in der S. 5 u. 6 gegebenen Form: $U = A - Q$ und $dA = \frac{Q}{T} \cdot dT$, so resultiert die Helmholtz'sche Gleichung: $A - U = T \frac{dA}{dT}$ und die Entropie $S = \frac{Q}{T} = \frac{U - A}{T} = -\frac{dA}{dT}$ Joule pro Grad. Da U mit der Temperatur wächst, kann man schreiben $U = U_0 + a T + \beta T^2 + \gamma T^3 + \ldots$ Joule. Die Helmholtzsche Gleichung ist dann erfüllt, wenn $A = U_0 + a T + a T ln\ T - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2} T^3 + \ldots$ Da nun $\frac{dU}{dT} = a + 2\beta T + 3\gamma T^2 + \ldots = 0$ sein muß, folgt $a = 0$ und $\frac{dA}{dT} = a - 2\beta T - \frac{3}{2}\gamma T^2 + \ldots$ Dies ist abgesehen vom Vorzeichen nach obigem die Entropie. Da sie nach den auf Seite 9 angestellten Betrachtungen auch gegeben ist durch die Gleichung $S = 13{,}46 \cdot 10^{-24}$ $ln\, W$, wenn W die Wahrscheinlichkeit des vorliegenden Zustandes ist, so ist weiter deren Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeit des Zustandes von der Temperatur zu ermitteln[1].

Bei der Temperatur $\varDelta T$, bei welcher dem Körper gerade eben ein Energiequant zugeführt ist, bestehen N Möglichkeiten der Energieverteilung auf die einzelnen Atome, welche mit A_1 $A_2 \ldots A_n$ bezeichnet werden sollen, insofern das Energiequant ε entweder auf Atom A_1 oder A_2 oder A_3 usw. übergegangen ist, während die übrigen Atome ruhen. Die Wahrscheinlichkeit des festen Stoffs bei der Temperatur $\varDelta T$ ist somit $= N$, also die Entropie $S = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\, ln\, N$. Bei der Temperatur $\varDelta T_P$ sind ebenso N Komplexionen möglich, bei welchen 1 Atom die Energie $P \cdot \varepsilon$ und $N - 1$ Atome die Energie Null besitzen.

1 Siehe Sackur a. a. O.

Weiterhin gibt es aber N Komplexionen, bei welchen 1 Atom die Energie $(P-1)\,\varepsilon$, 1 Atom die Energie ε und $N-2$ Atome die Energie Null besitzen. Weitere N Komplexionen, bei welchen 1 Atom die Energie $(P-2)\,\varepsilon$, 1 Atom die Energie $2\,\varepsilon$ und $N-2$ Atome die Energie Null haben usw. Die Gesamtzahl W beträgt $\frac{(N+P-1)!}{(N-1)!\,P!}$. Somit ist die Entropie für die Temperatur $\Delta T_1 = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\ (2\ ln\ N - ln)$, für die Temperatur $\Delta T_2 = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\ (3\ ln\ N - ln\ 6)$ usw., was graphisch dargestellt die Kurve Fig. 3 ergibt. Ebenso wie die Kurve Fig. 2 verläuft dieselbe asymptotisch zur Abszissenachse, d. h. für $T = 0$ muß S und somit $\frac{dA}{dT} = 0$ sein. Dies ist der zweite Teil des Nernstschen Wärmetheorems.

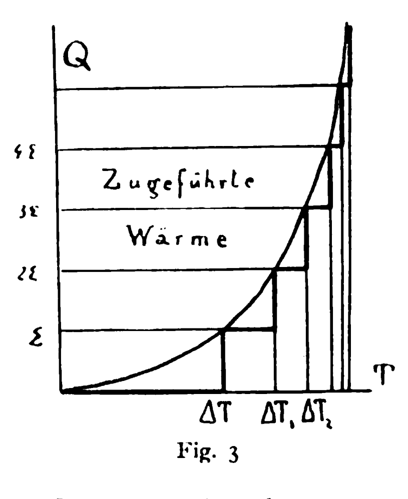


Fig. 3

Nun ist nach obigem $\frac{dA}{dT} = a - 2\,\beta T - \frac{3}{2}\,\gamma\,T^2 - \ldots$ somit muß $a = 0$ sein, also

$U = U_0 + \beta T^2 + \gamma\,T^3 \ldots$ und $A = U_0 - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2}\,T^3 - \ldots$ und $S = -\frac{dA}{dT} = 2\,\beta T + \frac{3}{2}\,\gamma\,T^2 + \ldots$, d. h. die früher unbestimmte additive Konstante im Ausdruck für die Energie ist, wenigstens für feste Körper, gleich Null.

Die Bedeutung dieses Ergebnisses wird klar[1], wenn man die oben dargelegte Natur der Konstante, d. h. ihren Zusammenhang mit der gewählten Größe der Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt. Das Nernstsche Wärmetheorem sagt nämlich aus, daß diese Elementargebiete nicht beliebig gewählt werden können, sondern eine ganz bestimmte Größe haben. Dies ist nur verständlich unter Annahme der Energiequantentheorie, welche somit eine erhebliche Stütze durch die Beobachtung findet, daß tatsächlich $\frac{dA}{dT}$ in der Nähe des absoluten Nullpunkts verschwindet.

[1] Siehe M. Planck, Phys. Zeitschr. 13, 173, 1912.

Der Größe A kommt noch eine ganz besondere Bedeutung zu. Sie wurde oben definiert als die äußere Arbeit, welche geleistet wird, wenn die Gesamtenergie des Systems um U Joule abnimmt, während gleichzeitig Q Joule Wärme von außen zugeführt werden. Es ist dann nach dem ersten Wärmesatz $U = A - Q$ Joule. Wäre das System nicht einfach Druckluft wie anfänglich angenommen wurde, sondern das Gemenge von Wasser und Dampf in einem Dampfkessel, so würde die Gleichung ebenso gelten, es wäre dann Q die latente Wärme. Bestände das System aus Stoffen, welche chemisch aufeinander einwirken, so wäre Q die Wärmetönung. Auch in diesem Fall wird die äußere Arbeit A ein Maximum, wenn der chemische Prozeß isotherm und reversibel geleitet wird und dieses maximale A, auch freie Energie genannt, stellt das Maß der chemischen Affinität dar. Somit ermöglicht das Nernstsche Wärmetheorem die chemische Affinität genau ohne Beifügung einer unbestimmten Konstanten in Zahlen auszudrücken. Der chemische Prozeß verläuft immer so, daß die freie Energie ein Minimum wird. Die Entropie $S = -\frac{dA}{dT}$, der negative Temperaturkoeffizient der freien Energie, strebt im Gegensatz dazu, wie oben erläutert, einem Maximum zu. Vernachlässigt man die kleine Konstante γ, so wird $U = U_0 + \beta T^2$ und $A = U_0 - \beta T^2$.

Die beiden Gleichungen ermöglichen, Schmelz- und Umwandlungstemperaturen aus Umwandlungswärme und spezifischen Wärmen der beiden Modifikationen zu berechnen. Betrachten wir beispielsweise die Umwandlung von 1 kg rhombischem in monoklinen Schwefel. Die Umwandlungstemperatur sei T_0, die Umwandlungswärme, d. h. da die äußere Arbeit Null sein soll, die Änderung der Gesamtenergie U. Nach der Umwandlung erfolge noch Erwärmung um dT Grad, wozu, wenn die spezifische Wärme des monoklinen Schwefels c_m beträgt, die Wärmemenge $c_m \cdot dT$ erforderlich ist, so daß die ganze Energieänderung $U + c_m\,dT$ beträgt. Zu demselben Endzustand kann man gelangen, indem man zunächst den rhombischen Schwefel, dessen spezifische Wärme c_r sei, um dT erwärmt (was entsprechende Erhöhung des Druckes voraussetzt) und nun erst die Umwandlung vor sich gehen läßt, wobei die Abnahme der Gesamtenergie $U + dU$ sei. Dem ersten Wärmesatz zufolge muß die ganze Energieänderung in

beiden Fällen, da der Endzustand derselbe ist, gleich sein, man hat also: $U + c_m\,dT = U + dU + c_r\,dT$, woraus folgt: $\frac{dU}{dT} = c_m - c_r$. Nach obigem ist aber $\frac{dU}{dT} = 2\,\beta T_0$, somit $\beta = \frac{c_m - c_r}{2\,T_0}$ und $U = U_0 + \frac{c_m - c_r}{2\,T_0} \cdot T_0^2$. Durch Einsetzung der Zahlenwerte für die Umwandlungswärme U und die beiden spezifischen Wärmen erhält man die Konstante U_0, somit den Wert von A, nämlich $U = 1{,}57 + 1{,}15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ und $A = 1{,}57 - 1{,}15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$. Da nun für die Umwandlungstemperatur T_0 die freie Energie $A = 0$ ist, folgt $T_0 = \sqrt{\frac{1{,}57}{1{,}15 \cdot 10_{-5}}} = 369{,}5^\circ$ in verhältnismäßig guter Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die Einsteinsche Formel, welche von Nernst noch etwas modifiziert wurde, ermöglicht ferner die spezifische Wärme der Körper für verschiedene Temperaturen zu berechnen, falls man die Frequenzen der molekularen Oszillatoren kennt. Diese lassen sich nun aber auf optischem Wege durch Ermittelung der Absorptionsstreifen im Absorptionsspektrum der betr. Substanz, sowie durch Bestimmung der selektiven Reflexion, d. h. der Strahlenarten, welche mit großer Intensität reflektiert werden, mit Genauigkeit bestimmen, da die Absorptions- und Reflexionserscheinungen auf dem Mitschwingen der molekularen Oszillatoren beruhen. Die so berechnete spezifische Wärme befindet sich in guter Übereinstimmung mit der beobachteten.

Eine andere Art der Berechnung der Frequenzen[1] ist auf Grund der kubischen elastischen Kompressibilität möglich; es ist nämlich die Wellenlänge $\lambda = 1{,}08 \cdot 10^3 \cdot M^{1/3}\,\varrho^{1/6}\,\varkappa^{1/2}$ Zentimeter, wenn M das Molekulargewicht, ϱ die Dichte und $\varkappa$ die kubische Kompressibilität in *CGS* — Einheiten bedeuten. So ergeben sich für *Al* 6,64 *Cu* 5,65 *Au* 4,01 *Au* 3,8 *Ni* 6,65 *Fe* 6,5 *Pd* 5,15 *Pt* 4,52 *Cd* 2,9 *Sn* 3,0 *Pb* 2,8 *Bi* 2,64 Billionen und die Größe der aufgenommenen Energiequanten: *Al* 4,45 *Cu* 3,7 *Ag* 2,68 *Au* 2,49 *Ni* 4,36 *Fe* 4,26 *Pd* 3,37 *Pt* 2,96 *Cd* 1,90 *Sn* 1,97 *Pb* 1,83 *Bi* 1,73 Quintilliontel Joule. Aluminium und Nickel haben, wie man sieht, die gefräßigsten Atome hinsichtlich der Energieaufnahme. F. A. Lindemann hat auch den Schmelzpunkt zur

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **34**, 170, 1911; vergl. auch E. Grüneisen, Ann. d. Phys. **26**, 393, 1908 u. Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 491, 1911; dagegen M. Born und Th. v. Kármán, Phys. Zeitschr. **13**, 297, 1912.

Berechnung der Frequenzen herangezogen[1]. Er findet für KCl 4,74 $NaCl$ 5,8 CaF_2 12,3 SiO_2 14,45 S 5,6 Diamant 27,6 Billionen. Nach P. Drude[2] entspricht die Absorption im Ultrarot den Schwingungen positiver Jonen, die Absorption im Ultraviolett (und im sichtbaren Spektrum) den Schwingungen lose sitzender negativer Elektronen, welche die chemische Valenz bestimmen. Nach J. Koenigsberger[3] gilt die Gleichung $p \cdot \frac{e}{m} = \frac{\pi}{9660} \cdot \frac{M}{d} \frac{g}{\lambda^2}$, worin λ die Wellenlänge stärkster Absorption, M das Molekulargewicht, d die Dichte der Substanz und g die Dämpfungskonstante. Weiter ergeben sich die Frequenzen negativer Elektronen aus dem selektiven Photoeffekt, d. h. der Auslösung von Kathodenstrahlen beim Auftreffen von Lichtstrahlen[4]. So fand Lindemann für Cs 0,546 Rb 0,612 K 0,688 Na 0,948 Li 0,134 Ba 0,138 Sr 0,152 Ca 0,129 Mg 0,175 Billionen.

Nach Stark, Haber und Lindemann[5] zeigen sich auch Beziehungen zwischen der chemischen Verbindungswärme und den Elektronenfrequenzen, insofern in Fällen, bei welchen der chemische Prozeß das Auftreten von Kathodenstrahlen bedingt, die chemische Energie zureichend sein muß, die von den abfliegenden Elektronen aufgenommenen Energiequanten zu liefern. Eine ähnliche Überlegung, daß die Energie des auftreffenden Lichtes der Energie des Fluoreszenzlichtes mindestens gleich sein muß, führt zum Stokesschen Gesetz der Fluoreszenz.[6] Hierüber, sowie bezüglich der Deutung der Serien- und Bandenspektren des Zeemanphänomens usw. sei verwiesen auf die Werke von J. Stark und W. Voigt[7].

[1] F. A. Lindemann, Phys. Zeitschr. **11**, 610, 1910.

[2] P. Drude, Ann. d. Phys. **14**, 677, 936, 1904.

[3] E. v. Bahr u. J. Koenigsberger, Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 26, u. K. Kilchling u. J. Koenigsberger, Ann. d. Phys. **28**, 889, 1009; **32**, 843, 1910; Phys. Zeitschr. **12**, 1, 1911.

[4] Siehe Elster u. Geitel, Wied. Ann. **55**, 684, 1895; **61**, 445, 1897; Pohl, Verh. d. d. phys. Ges. **11**, 339, 609, 1909, u. F. A. Lindemann, Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 482, 1911.

[5] J. Stark, Ber. d. d. phys. Ges. 1912, 119; F. Haber, Phys. Zeitschr. **12**, 1035, 1911, u. F. A. Lindemann, Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 1107, 1911; dagegen Born u. Kármán a. a. O.

[6] Vergl. A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 132, 1905.

[7] J. Stark, Prinzipien der Atomdynamik, Leipzig, Hirzel 1911; W. Voigt, Magneto- und Elektrooptik, Leipzig, Teubner 1908.

Kreisende Elektronen in den Molekülen verursachen magnetische Kräfte. P. Weiß[1] in Zürich ist es gelungen, zu zeigen, daß auch hierbei bestimmte Energiequanten, aber solche von unveränderlicher Größe, die Magnetonen, sich geltend machen, die für den Magnetismus etwa das sind, was die Elektronen für die Elektrizität. Sie verhalten sich wie kleine Magnetchen von molekularen Dimensionen, haben also das Bestreben, sich parallel zu richten, doch werden sie hierin, wie Langevin in Paris gezeigt hat, durch die Wärmeschwingungen der Moleküle beständig gestört. Völlige Parallelrichtung tritt deshalb nur bei homogenen Kristallen und auch bei diesen nur beim absoluten Nullpunkt ein. Ein solcher Kristall verhält sich dann, obschon er nicht magnetisiert wurde, als Magnet. Mit steigender Temperatur wird sein Magnetismus infolge der zunehmenden Unordnung unter den Magnetonen schwächer, bis schließlich ein Punkt kommt, der Curiesche Punkt, wo die Parallelstellung und damit das Auftreten von nachweisbarem Magnetismus überhaupt unmöglich wird.

Gewöhnliche Körper lassen wegen der verschiedenen Orientierung der zahllosen Kriställchen, aus welchen sie bestehen, Magnetismus überhaupt nicht erkennen, solange nicht eine äußere magnetisierende Kraft (etwa seitens einer stromdurchflossenen Spule) hinzukommt, die sämtliche Moleküle parallel zu richten sucht. Bei den »ferromagnetischen« Stoffen (insbesondere Eisen und Nickel) vermag der nun hervortretende eigene Magnetismus des Körpers die Wirkung der äußeren Kraft noch zu verstärken, ähnlich wie nach der van der Waalsschen Formel die Anziehungskraft zwischen den Molekülen die Wirkung des äußeren Drucks verstärkt. Sie zeigen deshalb viel intensiveren Magnetismus als die übrigen, auch »paramagnetisch« genannten Stoffe. Völlige Parallelrichtung wird aber auch bei den ferromagnetischen Substanzen nur in der Nähe des absoluten Nullpunkts erzielt, z. B. wenn man den Körper in flüssigem Wasserstoff untersucht.

Genaue Messungen unter solchen Umständen haben nun zu dem überraschenden Ergebnis geführt, daß jedes Atom immer nur eine ganz bestimmte Zahl von Magnetonen aufnimmt, denn sein magnetisches Moment beträgt $m \times 0{,}174 \cdot 10^{-30}$ Meter-Weber[2],

[1] P. Weiß, Journ. d. Phys. (5) I, 965, 1911, und Phys. Zeitschr. **12**, 935, 1911.

[2] 1 Weber = 10^8 *CGS* – Einheiten der magnetischen Masse.

wobei m eine ganze Zahl ist, die von der Natur der Substanz abhängt, z. B. für Eisen 11, für Nickel 3. Da 1 kg-Atom $640 \cdot 10^{-24}$ Atome enthält, ist also z. B. das magnetische Moment von 1 kg-Atom (= 56 kg) Eisen $= 56 \cdot 640 \cdot 10^{24} \cdot 11 \cdot 0{,}174 \cdot 10^{-30} = 0{,}0867$ Meter-Weber. Übergang in eine andere polymorphe Modifikation oder Eintritt in eine chemische Verbindung ist immer mit einer Änderung der Magnetonenzahl m verbunden. Zuweilen vermag auch einfach Temperaturerhöhung eine plötzliche Änderung der Magnetonenzahl hervorzubringen, ohne daß sich diese Zustandsänderung durch eine wesentliche Veränderung der sonstigen Eigenschaften des Körpers bemerkbar machte.

Sind die Magnetonen so gelagert, daß sich ihre Wirkungen nach außen gegenseitig aufheben, bilden sie mit anderen Worten astatische Systeme, wie solche zur Erklärung der Erscheinungen bei **flüssigen Kristallen** angenommen werden müssen[1], so werden durch äußere magnetische Kräfte nur die Bahnen der als Magnetonen erscheinenden kreisenden oder schwingenden Elektronen abgeändert, es tritt eine Art verkehrter Magnetismus, der Diamagnetismus hervor. Zuweilen verrät sich diese Änderung der Elektronenbahnen durch eine eigenartige Änderung der Absorptionsstreifen oder im Falle leuchtender Gase durch entsprechende Änderung der hellen Linien des Spektrums. Dies ist die von **Zeeman** 1896 entdekte Erscheinung, deren schon oben gedacht wurde.

[1] Siehe O. Lehmann, Phys. Zeitschr. **10**, 553, 1909 und 1912 (im Druck).

Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

25. Band. 1911—1912.

Mit 5 Tafeln und 35 Textfiguren.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1913.

Inhaltsverzeichnis.

Abhandlungen.

Jahresbericht.

Im Vereinsjahr 1911/12 haben an 16 Abenden Sitzungen stattgefunden, an denen 21 Vorträge gehalten worden sind; von diesen behandelten 6 ein physikalisches, 3 ein chemisches, je 2 ein geologisches und geophysikalisches, je 1 ein forstliches, pädagogisches, elektrotechnisches, mechanisches, technisches, zoologisches und allgemein naturwissenschaftliches Thema.

Als Versammlungslokal diente meist das Speisezimmer im Museum, in einigen Fällen einer der Hörsäle der Technischen Hochschule.

Von anderen Vereinen sind unsere Mitglieder mehrmals eingeladen worden, nämlich zweimal vom Karlsruher Bezirksverein Deutscher Ingenieure und je einmal von der Abteilung Karlsruhe der deutschen Kolonialgesellschaft, vom Elektrotechnischen Verein und vom Badischen Architekten- und Ingenieurverein.

Großh. Ministerium des Kultus und des Unterrichts verdankt der Verein außer dem regelmäßigen Beitrag von 300 M. noch den namhaften Zuschuß von 780 M. aus den Zinsen der von Kettnerscher Stiftung zu den Kosten der im 24. Band der Verhandlungen erschienenen Arbeit des Herrn Prof. Dr. May über Gomera.

Tätigkeit der Erdbebenkommission im Vereinsjahr 1911/12. Der im vorigen Jahresbericht erwähnte Erweiterungsbau der Station Durlach ist im August 1911 in Angriff genommen worden. Da die oberirdische Erweiterung der Station über dem Zugang zum unterirdischen Pendelraum errichtet wurde, mußte der Betrieb im letzteren zeitweise unterbrochen werden und vollständig vom 25. August bis 17. Oktober und nochmals vom 22. März 1912 an ganz ruhen. Auch in der Zwischenzeit vom 17. Oktober 1911 und 22. März 1912 wurde die Station nur in sofern weiter betrieben, als es die Aufstellung und die Erhaltung der Instrumente erforderte. Die chronographischen Uhrvergleichungen mußten gänzlich unter-

bleiben, da die Telephonverbindung abgebrochen war und erst nach Fertigstellung des ganzen Baues wieder eingerichtet wurde. Es liegen deshalb von Durlach für das Jahr 1911 nur 93 dreitägige photographisch registrierte Bogen vor.

Der Mainkasche Seismograph im Keller des Aulabaues der Techn. Hochschule war ununterbrochen in Betrieb; er lieferte insbesonders von dem stark gefühlten Erdbeben am 16. November 1911 ein vollständiges Seismogramm.

Auf der Station Freiburg war der Betrieb häufig, jedoch jeweils nur auf kurze Zeit unterbrochen. In der Aufstellung und Anordnung der Instrumente wurde nichts geändert.

Die Bearbeitung der aus der periodischen Lagenänderung der Horizontalpendel abzuleitenden Deformation der Erdkruste unter dem Einfluß des Mondes und der Sonne ist für beide Stationen beendet worden.

Für das Gebäude der Rebveredlungsanstalt, in dessen Keller die Erweiterung der Erdbebenstation untergebracht ist, mußte ein nachträglich vom Großh. Ministerium des Innern von 5000 M. auf 7100 M. erhöhter Zuschuß bewilligt werden.

Vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie ist über das starke Nahbeben vom 19. November 1911 unter Beihilfe der Großh. Wasser- und Straßenbauinspektionen ein umfangreiches Beobachtungsmaterial gesammelt worden; mit Zustimmung des Vorsitzenden der Erdbebenkommission ist es der Kais. Hauptstation in Straßburg zur Verarbeitung übergeben worden.

Rechnungsführung.

Einnahmen.

Kassenvorrat	M.	2 891.12	
Mitgliederbeiträge		1 558.00	
Regelmäßiger Beitrag d. Ministeriums des Kultus u. des Unterrichts		300.00	
Außerordentlicher Beitrag des Ministeriums des Kultus u. des Unterrichts		870.00	
Erlös aus verkauften Wertpapieren		3 564.50	
Zinsen aus Wertpapieren		931.50	
Zinsen aus Konto-Korrent		77.97	
			M. 10 193.09

Ausgaben.

Lokalmiete, Steuern, Drucksachen, Porto	M.	442.96		
Zuschuß zur Erbauung der Rebveredlungsanstalt in Durlach (Erdbebenstation)		7 100.00		
Für Erdbebenstation		280.00		
			M.	7 822.96
Kassenrest im Juni 1912			M.	2 370.13
Bestand der Handkasse . . .	M.	18.28		
Guthaben bei der Bad. Bank .		2 351.85		
	M.	2 370.13		
Das Vermögen hat am 11. Juni 1912 betragen:				
in Wertpapieren	M.	22 600.00		
in bar		2 370.13		
			M.	24 970.13
am 20. Juni 1911				29 091.12
mithin Abnahme . .			M.	4 120.99

In den Drucksachen-Tauschverkehr sind neu eingetreten:
die Naturwissenschaftliche Gesellschaft in Bayreuth;
der Naturwissenschaftliche Verein in Bielefeld;
der Naturwissenschaftliche Verein in Düsseldorf;
der Humboldtverein in Ebersbach i. S.;
der Westpreuß. Botanisch-Zoologische Verein in Danzig;
das Siebenbürgische Nationalmuseum in Kolosvar.

Eingegangen sind im Vereinsjahr 1911/12 die nachstehend verzeichneten Drucksachen:

Ann Arbor (Michigan). Academy of Science. Thirteenth Report.

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen. Band 22.

Bayreuth. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. 1. Bericht für die Zeit von der Gründung bis Herbst 1911.

Bergen. Museum. Aarsberetning for 1911. — Aarbok 1911. 2. 3. hefte. An account of crustacea of Norway. Vol. V. Parts 35, 36.

Berlin. Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift. A. Abhandlungen. 63. Band, 2.—4. Heft. — B. Monatsberichte 1911, Nr. 4—12.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen aus dem Jahre 1911.

Bielefeld. Naturwissenschaftlicher Verein. Bericht über die Jahre 1909 u. 1910.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens. Sitzungsberichte 1910, 2. Hälfte; 1911, 1. Hälfte. — Verhandlungen. 67. Jahrg., 1910, 2. Hälfte; 68. Jahrg., 1911, 1. Hälfte.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vol. 46, No. 18—24; Vol. 47, No. 1—21.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. 21. Band, 1. Heft.

Brünn. Naturforschender Verein. Verhandlungen. 48. Band, 1909; 49. Band, 1910. — Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen in Mähren und Schlesien im Jahre 1906.

Bruxelles. Observatoire Royal de Belgique. Annales. Nouvelle série, physique du globe, Tome V, Fasc. I, II. — Annuaire astronomique 1913.

— Société Entomologique de Belgique. Annales. Tome 54, 55. — Mémoires, Vol. 19.

— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts. Bulletin de la classe des sciences. 1911, No. 5—12; 1912, No. 1—2. — Annuaire 78[e] année 1912.

— Société Royale de Botanique de Belgique. Bulletin. Tome 47, année 1910, 1—4 fasc.; desgl. Tome 48, année 1911, 1—4 fasc. — Catalogue de la bibliothèque collective réunie au Jardin botanique de l'État à Bruxelles I.

— Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique. Annales. Tome 46, année 1911.

Budapest. K. Ung. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. 26. Band. — Aquila. Zeitschrift für Ornithologie. 17 u. 18. Jahrgang. — Allatani közlemenyek evnegyedes, illusztrált. folyóirat. 9. 10 kötet.

Cassel. Verein für Naturkunde. Festschrift zur Feier seines 75jährigen Bestehens.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal. Vol. 27, No. 1—4.

Cherbourg. Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques. Mémoires. Tome 37.

Chicago. Field Columbian Museum. Zoological series. Vol. X, No. 5: Mammals from western Venezuela and eastern Columbia; Vol. X, No. 6: Description of new fishes from Panama. — Report series: Annual Report of the Director for the year 1911.

— Lloyd Library. Pharmacy series No. 4: History of the vegetable drugs of the pharmacopeia of the U. S., No. 5. — Mycological series No. 6. — Bibliographical contributions No. 5. 6. — Lloyd. Synopsis of the section Ovinus of Polyporns.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht. Neue Folge. 53. Band, Vereinsjahre 1910/11 und 1911/12.

Colmar. Naturhistorische Gesellschaft. Mitteilungen. 10. Band, Jahre 1909 und 1910. — Katalog der Bibliothek.

Danzig. Westpreuß. Botanisch-Zool. Verein. 31. und 32. Bericht.

— Naturforschende Gesellschaft. Schriften. Neue Folge. 12. Band, 3. und 4. Heft. — Katalog der Bibliothek der N. G. 2. Heft: C. Meteorologie, D. Physik.

Dar-es-Salâm. Kais. Gouvernement. Der Pflanzer. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Jahrg. VII No. 7—12, Jahrg. VIII No. 1—7.

Davenport. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 12, pages. 223—240.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht. Sitzungsperiode 1910—1911.

— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrgang 1911, Januar bis Dezember.

— Genossenschaft Flora. Gesellschaft für Botanik und Gartenbau. Sitzungsberichte und Abhandlungen. 15. Jahrgang der neuen Folge, 1910—1911.

Dürkheim. Pollichia. Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Mitteilungen No. 26, 27. Jahrgang 1910.

Düsseldorf. Naturwissenschaftlicher Verein. Festschrift zur Feier des 25jährigen Bestehens. — Mitteilungen 5. Heft.

Ebersbach i. S. Humboldt-Verein. Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestehens.

Elberfeld. Naturwissenschaftlicher Verein. Jahresberichte. 13. Heft.

Emden. Naturforschende Gesellschaft. 94. Jahresbericht 1908 bis 1909; 95. Jahresbericht für 1910.

Erlangen. Physikalisch-Medizinische Sozietät. Sitzungsberichte. 41. Band 1909; 42. Band 1910.

Firenze. Osservatorio Ximeniano dei P. P. Scopoli. L'Oss. Xim. e il suo materiale scientifico. IV: Jl gabinetto sismologico sotteraneo. V: La statione radiotelegrafica. — Bollettino sismologico. Februar—Juli 1912. — Bollettino meteorologico. Februar—Juli 1912.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1910—1911.

— Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft. 42. Bericht, Heft 1—4.

Freiburg i. B. Naturforschende Gesellschaft. Berichte. 19. Band, 1. Heft.

Gießen. Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Bericht der naturwissenschaftlichen Abteilung. Band 4 (1910 bis 1911). — Bericht der medizinischen Abteilung. Band 6.

Graz. Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen. Band 47, Heft I, II.

— Verein der Ärzte. Mitteilungen. 27. Jahrg. 1910; 28. Jahrg. 1911.

Halifax. Nova Scotian Institute of Natural Science. Proceedings and Transactions. Vol. 12, Part 3.

Halle. Verein für Erdkunde. Mitteilungen. 35. Jahrgang 1911.

— K. Leopoldinisch-Karolinische Deutsche Akademie der Naturforscher. Leopoldina. Heft 47, No. 6—12; Heft 48, No. 1—5.

— Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen. 1. Band 1911, nebst Bericht über das 132. Gesellschaftsjahr 1911. — Abhandlungen. Neue Folge No. 1.

Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Verhandlungen. 3. Folge 1910. XVIII.

Hamilton. Hamilton Scientific Association. Journal and Proceedings. Session 1907—1908. No. XXIV; desgl. sessions of 1908—1910. No. XXV and XXVI.

Heidelberg. Naturhistorisch-Medizinischer Verein. Verhandlungen. Neue Folge, 11. Band, 3. Heft.

— Großh. Sternwarte. Jahresbericht 1910. — Veröffentlichungen. Band 6, No. 3—7.

Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora Fennica. Meddelanden. 36. Häftet, 1909—1910; 37. Häftet, 1910—1911. — Acta Societatis 35.

Hermannstadt. Siebenb. Verein für Naturwissenschaften. Verhandlungen und Mitteilungen. 61. Band, 1911, Heft 1—3.

Innsbruck. Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein. Berichte. 32. Jahrgang, 1908/09 und 1909/10.

Karlsruhe. Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie. Jahresbericht für 1910.

— Landes-Gartenbauverein. Der Gartenfreund. Jahrg. 1911.

Kiel. Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein. Schriften. Band 15, 1. Heft.

Königsberg. Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft. Schriften. 51. Jahrgang 1910.

Kolosvar. Siebenbürgisches Nationalmuseum. Mitteilungen aus der mineralogisch-geologischen Sammlung d. S. N. 1. Band, No. 1.

Landshut. Botanischer Verein. 19. Bericht über die Vereinsjahre 1907—1910.

Lausanne. Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin. Vol. 47, No. 173, 174; Vol. 48, No. 175.

Leipa. Nordböhmischer Exkursionsklub. Mitteilungen. 34. Jahrg. 2.—4. Heft; 35. Jahrg., 1. Heft.

Leipzig. Naturforschende Gesellschaft. Sitzungsberichte. 37. Jahrgang 1910.

Luxemburg. Gesellschaft Luxemb. Naturfreunde. Monatsberichte. Neue Folge. 3. Jahrg. 1909; 4. Jahrg. 1910.

Madison. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters. Transactions. Vol. XVI, Part I, No. 1, 2, 3, 5, 6; Vol. XVI, Part II, No. 1—6.

Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen und Berichte. Band II, Heft II.

Marseille. Faculté des Sciences. Annales. Tome XIX.

Merida. Oficina Central de la Seccion Meteorológica del Estado de Yucatan. Boletin Mensual. Juni 1911—Juni 1912.

Mexico. Instituto Geológico de Mexico. Boletin No. 27: Bergeat. La granodiorita de Concepcion del Oro en el Estado de Zacatecas. — No. 28: Villarello. Las aguas subterraneas en el borde meridional de Mexico. — Agras. Informe sobre las

aguas del Rio de Magdalena. — Parergones Tomo III, No. 9, 10.

Mexiko. Observatorio Meteorológico-Magnetico Central. Boletin Mensual. August 1906—Juni 1907; April 1910—Sept. 1911.

Milwaukee. Public Museum. Bulletin. Vol. I, Part II.

— Wisconsin Natural History Society. Bulletin. Vol. 9, No. 1—4.

Montevideo. Museo Nacional. Anales. Vol. VII: Flora Uruguaya. Tomo IV, entr. III.

München. K. B. Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Jahrg. 1910, Heft I—IV.

— Ornithologische Gesellschaft. Verhandlungen. Band XI.

— Bayer. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Mitteilungen. 2. Band, Nr. 19—23. — Berichte. Band XIII.

Münster. Westf. Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst. 39. Jahresbericht für 1910/11.

Nancy. Société des Sciences. Bulletin des séances. Tome XI, Fasc. II, III; Tome XII, Fasc. I, II, III.

Neuchâtel. Société des Sciences Naturelles. Bulletin. Tome 38, année 1910—1911.

New York. American Museum of Natural History. Bulletin. Vol. 30, 1911. — 42th Annual Report for the year 1910; 43th for 1911.

Nürnberg. Naturhistorische Gesellschaft. Abhandlungen. 18. Band, II; 19. Band, I, II, III. Mitteilungen. 1909, III. Jahrgang, Nr. 1—5.

Ottawa. Geological Survey of Canada. Summary Report of the Geological Survey Branch of the Dep. of Mines for the calendar year 1910. — Malloch. Bighom coal basin Alberta. — Springer. On a trenton echinoderm fauna at Kirkfield. — Ries. The clay and shale deposits of Nova Scotia and portions of New Brunswick. — Memoir No. 27: Report of the Commission appointed to investigate Turtle Mountain, Frank, Alberta 1911. — Atlas of Canada No. 4. West and east sheet. 1 : 6 336 000. — T. L. Walker. Report on the molybdenum oires of Canada. — Jennisson. Report on the gypsum deposits of the maritime provinces. — Annual Report of the mineral production of Canada during the calendar year 1910. — An investigation of the coals of Canada with reference to their economic qualities. Vol. I, II.

St. Petersburg. Russische Physikalisch-Chemische Gesellschaft. Journal. Tome 43, Nr. 6—8; Tome 44, Nr. 1—3.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 62, Part I—III; Vol. 63, Part I, II, III.

Pisa. Società Toscana di Scienze Naturale. Atti, Processi Verbali. Vol. 19, No. 1—4; Vol. 20, No. 1—3. — Atti, Memorie. Vol. 26.

Portici. Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della Scuola Superiore d'Agricoltura. Bollettino. Vol. V.

Prag. Deutscher Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein Lotos für Böhmen. Lotos. Band 59.

— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte 1910, 1911. — Jahresbericht für das Jahr 1911.

Regensburg. Naturwissenschaftlicher Verein. L. v. Ammon. Schildkröten aus dem Regensburger Braunkohlenton.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde. Mitteilungen. 40. Jahrg.

Roma. Società Italiana per il progresso delle science. Atti, Quarta riunione; desgl. quinta riunione. — Bollettino bimestrale (R. Comitato Talassografico). No. 6—12.

— R. Accademia dei Lincei. Atti, Rendiconto dell' adunanza solenne del 1. Giugno 1911. Vol. II. — Atti, Rendiconti, Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Vol. 20, 1° sem., Fasc. 11—12; Vol. 20, 2° sem., Fasc. 1—12; Vol. 21, 1° sem., Fasc. 1—12; Vol. 21, 2° sem., Fasc. 1—4.

— R. Comitato Geologico d'Italia. Bollettino, Anno 1910, Fasc. 4; Anno 1911, Fasc. 1—3.

San Paulo. Sociedad Scientifica. Revista. Vol. V, 1910.

St. Gallen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Jahrbuch für das Vereinsjahr 1910.

Sion. Société Murithienne. Bulletin. Fasc. 36, Années 1909—1910.

Stockholm. K. Svenska Vetenskapsakademi. Arkiv för botanik. Band 10, Häfte 2—4.

— Entomologiska Föreningen. Entomologiska Tidskrift. Årg. 32, 1911. — Alfabetiskt register til. Ent. Tidskr. Årgångarna 11—30, 1890—1909.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde. Jahreshefte. 67. Jahrgang, mit Beilage: Mitteilungen der geologischen Abteilung des K. württ. Statistischen Landesamts, Nr. 8.

Sydney. Australian Museum. Records. Vol. IX, No. 2, 3; Vol. IX, No. 1. — Report of the Trustees for the year ended 30. June 1911.

— Royal Society of New South Wales. Journal and Proceedings. Vol. 44, Part II—IV; Vol. 45, Part I, II.

Tacubaya. Observatorio Astronómico Nacional. Annuario para el año de 1912.

Tokio. Zoological Society. Annotationes zoologicae japonenses. Vol. VII, Part V; Vol. VIII, Part I.

Trondhjem. K. Norske Videnskabs Selskab. Skrifter 1910.

Ulm. Verein für Mathematik und Naturwissenschaften. Jahreshefte. 15. Heft.

Upsala. Universität. Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné. Första Afdelingen. Del VI.

— Geological Institution of University. Bulletin. Vol. XI.

Washington. Smithsonian Institution. Report on the progress and condition of the U. S. Natural-Museum for the year ending June 30, 1910; desgl. 1911. — Annual Report for the year ending June 30, 1910.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1910.

Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen. 1910, Nr. 3—18; 1912, Nr. 1—5. Jahrbuch. 60. Band, 4. Heft; 61. Band, 1.—4. Heft; 62. Band, 1. Heft.

— K. Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Anzeiger. Jahrgang 1911, Nr. 13—26; Jahrgang 1912, Nr. 1—16.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen. 24. Band, Nr. 3—4; 25. Band, Nr. 1—4.

Wiesbaden. Nass. Verein für Naturkunde. Jahrbücher. Jahrgang 64. — Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Wiesbaden im Jahr 1910.

Würzburg. Physikalisch-Medizinische Gesellschaft. Sitzungsberichte 1911, Nr. 1—9.

Zerbst. Naturwissenschaftlicher Verein. Festschrift zur Feier des 50-jährigen Bestehens.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift. 55. Jahrgang 1910, 3. u. 4. Heft; 56. Jahrgang 1911, 1. 2. 4. Heft.

Zwickau. Verein für Naturkunde. Festschrift zur Feier des 50-jährigen Bestehens, zugleich 40. u. 41. Jahresbericht (1910 und 1911).

—

Vorstand.

Der Vorstand hat im Vereinsjahr 1911/12 bestanden aus den Herren:

1. Geh. Hofrat Dr. Lehmann, als Vorsitzender,
2. Geheimerat Dr. Bunte, als Stellvertreter des Vorsitzenden und Rechner,
3. Hofrat Dr. Doll,
4. Geh. Hofrat Dr. Haid,
5. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer, Redakteur und Bibliothekar,
6. Dr. R. Spuler,
7. Geh. Hofrat Dr. Treutlein.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein die Herren Geh. Hofrat Dr. E. Arnold und Geh. Baurat Kalkhoff verloren.

Ausgetreten sind meist infolge von Wegzug die Herren: Prof. Cramer, Prof. Dr. Haber, Prof. Dr. Herzog, Lehramtspraktikant Leier, General Freiherr von Ompteda, Prof. Rothacker.

Eingetreten sind die Herren: Prof. Dr. Bredig, Realschuldirektor Burger, cand. chem. Fürst Kotschoubey, Dr. Ing. Schwaiger, Ministerialrat Schwörer, Prof. Dr. Thoma in Ettlingen, Lehramtspraktikant Wild, Assistent Dr. Wolfke und Prof. Zepf.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 5. Juli 1912).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler, Exzellenz (1910).

B. Ehrenmitglied.

Geheimerat Dr. E. Wagner (1908).

C. Korrespondierendes Mitglied.

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder*.

Acker, Dr., Chemiker (1910).
Alberti, Dr., Augenarzt (1902).
Ammon, Dr. Otto, Schriftsteller (1883).
Arnold, Prof. Dr. Em., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).
Asal, Ph., Prof. an der Oberrealschule (1909).
Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).
Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).
Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).
Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).
Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).
Bartning, Dr. Hans, Regierungsrat (1908).
Bartning, Dr. Herm., Amtsrichter in Pforzheim (1904).
Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).
Baumann, Dr., Badearzt in Baden-Baden (1906).
Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).
Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Benckiser, Dr. W., Landgerichtsrat (1899).
Benoit, G., Geh. Hofrat, Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Berberich, Dr. A., prakt. Arzt (1897).
Beutler, J., Regierungsbaumeister in Lauda (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand des Gewerbeaufsichtsamts (1906).
Bodman, H., Freiherr von, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Böhm, Dr. F., Exzellenz, Minister des Kultus und des Unterrichtes (1899).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr., Verlagsbuchhändler (1907).

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Bredig, Dr. Georg, Professor der physik. Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule (1911).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Brodmann, Dr. K., Direktor der Bibliothek der Technischen Hochschule (1908).
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Burger, Realschuldirektor (1911).
Bürgin, Dr. J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Meßkirch (1903).
Bußler, E., Oberst a. D. (1908).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Dietzel, Dr. Adolf, in Pforzheim (1908).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletscheck, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr J., Professor an der Realschule (1895).
Dreßler, Dr., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1910).
Dünckel, W., Chemiker (1909).
Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).
Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eitel, Dr. K. H., Privatmann und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Vorstand der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901).
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Engler, Dr. K., Exzellenz, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Forstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fels, Forstrat (1908).
Fiebig, Rich. von, Oberst z. D. (1910).

Fikentscher, Tiermaler in Grötzingen (1904).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Förderer, W., Zahnarzt (1905).
Frankenstein, Dr. W., Chemiker (1901).
Freydorf, Rud. von, Hauptmann (1908).
Fuchs, Dr. Gilbert, Privatdozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1910).
Fuchs, Dr. Rud., Baurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Ganzloser, Emil, Apotheker (1910).
Gau, E., Bankprokurist (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg. von, Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur in Frankfurt (1899).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenkorps (1897).
Grashof, R., Professor am Gymnasium (1895).
Graßmann, R., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., prakt. Arzt (1894).
Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).
Hafner, Dr. Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).
Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).
Hallo, Dr. H. S., Privatdozent für Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1911).
Hammer, Dr. Bernh., Oberstabsarzt (1908).
Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).
Hart, J., Geheimerat, Professor des Maschinenbaues an der Techn. Hochschule (1870).
Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).

Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).

Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).

Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).

Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).

Hellpach, Prof. Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).

Hemberger, H., Oberbauinspektor in Baden (1904).

Henglein, Dr. Mart., Privatdozent für Mineralogie a. d. Techn. Hochschule (1910).

Hennin, Graf Constant. von, Hauptmann und Kammerherr (1911).

Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).

Heß, Wirkl. Geh. Oberpostrat, Oberpostdirektor a. D. (1901).

Hildebrandt, M., Geh. Oberfinanzrat (1881).

Hoffacker, K., Direktor der Kunstgewerbeschule (1905).

Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).

Hoffmann, K., Major a. D. (1897).

Holderer, Dr. J., Geh. Regierungsrat, Oberamtmann in Kehl (1905).

Holzmann, A., Regierungsrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1893).

Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899).

Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).

Huber, Dr. Ernst, prakt. Arzt (1910).

Hutt, J., Zahnarzt (1904).

Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).

Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).

Joos, Oberingenieur, Großh. Maschineninspektor (1904).

Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).

Just, Dr. Gerh., Privatdozent für phys. Chemie an der Techn. Hochschule (1903).

Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).

Karle, M., Professor am Gymnasium (1897).

Kast, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1883).

Katz, Dr., Augenarzt (1905).

Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).

Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Knauer, Leonh., Oberreallehrer (1902).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).
Kohler, Eug., Oberbauinspektor (1910).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
Kors, A. van der, Bankdirektor (1890).
Kotschoubey, Eugen Fürst von, stud. chem. 1912.
Krack, Oberveterinär (1910).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Krieger, Dr. M., prakt. Arzt in Königsbach (1904).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lay, Dr. Aug., Seminarlehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leis, Maschineninspektor (1910).
Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).
Mandelbaum, A., Ingenieur (1906).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
May, Dr. W., a. o. Professor für Zoologie an der Techn. Hochschule (1899).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Mayerhöffer, Ed., Geh. Oberforstrat (1908).
Meeß, Ad., Privatmann und Stadtrat (1899).
Merkel, Dr. E., Reallehrer (1911).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908).

Meyer, Rud., Oberveterinär (1911).
Millas, K. de, Ingenieur (1893).
Mohrmann, Dr., Privatdozent für Mathematik an der Techn. Hochschule (1911).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1906).
Müller, Dr. L., Medizinalrat, prakt. Arzt (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Baurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).
Nesselhauf, R., Bauinspektor in Rastatt (1906).
Netz, F., prakt. Arzt (1893).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nopper, Herm., Professor am Mädchengymnasium (1910).
Nüßlin, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Zoologie an der Techn. Hochschule (1878).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oehmichen, H., Fabrikant (1904).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).
Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Pahlen, Baron Arend von der, Diplomingenieur (1908).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).
Paulcke, W., Professor für Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).
Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).
Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).
Peter, W., Architekt (1903).
Pezoldt, O., Buchhändler (1903).
Pfützner, H., Geh. Hofrat, Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).
Pleger, H., Oberleutnant (1908).
Racknitz, Freiherr von, Rittmeister (1910).
Rebmann, E., Geh. Hofrat, Direktor des Realgymnasiums (1902).

Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).
Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).
Reinach, M., Geh. Finanzrat (1907).
Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).
Renz, Aug., Kaufmann in Durlach (1908).
Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).
Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).
Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).
Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1876).
Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).
Röder von Diersburg, Freiherr, Oberst z. D. und Kammerherr (1901).
Roller, Prof. Dr., wiss. Hilfsarbeiter am Münzkabinet (1911).
Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).
Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).
Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).
Rupp, G., Professor und Regierungsrat, Vorstand der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).
Sachs, W., Kaufmann (1904).
Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).
Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).
Scheele, Apotheker (1908).
Schellenberg, R., Geh. Finanzrat, Ministerialdirektor im Finanzministerium (1899).
Scheurer, K, Hofmechaniker und Optiker (1877).
Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).
Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).
Schmidle, W., Direktor der Oberrealschule in Konstanz (1908).
Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).
Schmidt, W., Vorsteher des Pädagogiums (1910).
Schoch, C. Fr., Apotheker (1907).
Scholtz, K., Oberstabsveterinär (1905).
Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).
Schumann, W., Diplomingenieur (1910).

Schuster, Fr., Oberstleutnant a. D. (1905).
Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).
Schwaiger, Professor Dr.-Ing. Anton, a. o. Professor der Elektrotechnik (1911).
Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der Techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).
Schwörer, V., Ministerialrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1912).
Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).
Sieveking, Dr. H., a. o. Professor für Physik an der Techn. Hochschule (1902).
Skita, Dr. A., a. o. Professor für Chemie an der Techn. Hochschule (1905).
Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).
Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).
Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).
Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).
Staudinger, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1907).
Stauß, Professor Dr. Ant., Betriebsl. Ingenieur an der Techn. Hochschule (1910).
Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Steinkopf, Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).
Sternberg, Dr. H., prakt. Arzt (1897).
Steude, Dr. M., Chemiker und Redakteur (1896).
Stöbe, Lehramtspraktikant (1909).
Stoll, Dr. Herm., Oberförster in Todtnau (1902).
Ströbe, Dr. F., Privatmann (1905).
Stutz, Ludw., Großh. Obervermessungsinspektor (1905).
Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).
Thilo, Fr., Forstrat (1908).
Thoma, Dr., Professor in Ettlingen (1911).
Thürach, Dr. H., Bergrat, Landesgeolog in Freiburg (1908).
Tolle, M., Hofrat, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).

Treutlein, P., Geh. Hofrat, Direktor der Goetheschule (1875).
Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).
Türk, W., Dipl. Ing. in Heidelberg (1909).
Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).
Vogt, Dr. W., Privatdozent für darstell. Geometrie an der Techn. Hochschule (1908).
Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892)
Wagner, Dr. E., Geheimerat, Konservator der Altertümer (**1864**).
Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).
Wagner, Leop., Prokurist (1899).
Wallenberg, A. von, Generalmajor z. D. (1903).
Wild, Lehramtspraktikant (1912).
Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).
Wilser, Dr. L., Privatgelehrter in Heidelberg (1881).
Wimmer, Dr. Em., Forstamtmann, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1904).
Wohnlich, Dr. Em., Assistent a. d. Lebensmittelprüfungsstation (1909).
Wolfke, Dr. M., Assistent am physik. Institut der Technischen Hochschule (1912).
Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).
Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).
Zepf, Kas., Professor an der Baugewerkschule (1912).
Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).
Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Für die Redaktion verantwortlich: Prof. Dr. Schultheiss.

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

733. Sitzung am 14. Juli 1911.

Fortsetzung der Mitglieder-Hauptversammlung vom 30. Juni 1911. Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 40 Mitglieder.
Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Prof. Dr. Ing. Schwaiger.

Der Vorsitzende teilte mit, daß die in der letzten Sitzung durch den Rechnungsprüfer gemachten Ausstellungen vom Vorstand geprüft worden seien, mit dem Ergebnis, daß ein Grund zu einer Beanstandung der Rechnungsführung nicht vorhanden sei. Dem Rechner wird hierauf Entlastung erteilt. Der Vorstand dankte ihm für seine bisherige Mühewaltung und gab dem Bedauern Ausdruck, daß sich Herr Geheimerat Bunte wegen Überhäufung mit Arbeiten außerstande sähe, das Amt des Rechners ferner zu übernehmen. Dieses wird hierauf Herrn Dr. R. Spuler übertragen und der bisherige Vorstand wird durch Zuruf einstimmig wiedergewählt.

Herr Professor Dr. Hausrath hielt sodann einen Vortrag über „Die Entstehung des Breitlohmisses auf dem Kaltenbronn", der bereits im 24. Band der Verhandlungen zum Abdruck gebracht ist.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein drückt in der an den Vortrag sich anknüpfenden Besprechung seine Genugtuung darüber aus, daß die wirtschaftliche Verwertung der kleinen Moore beim Kaltenbronn, durch welche die Vernichtung seltener Pflanzen, die dort eine letzte Zufluchtstätte gefunden haben, herbeigeführt worden wäre, sich als undurchführbar erwiesen hat, und als Botaniker und Naturschutzmann legte er den anwesenden Herren der Forstverwaltung es warm ans Herz, die alten Latschenbestände am Kaltenbronn, die wildesten und malerischsten derselben am Hohlohsee, sowie am

Wild- und Hornsee, die letzten wirklichen Urwaldreste, klein zwar, aber echt, die wir noch im Lande haben, als Naturdenkmäler zu betrachten und vor jeder Nutzung und vor jedem forstlichen Eingriff zu bewahren; daß damit auch den Vereinsmitgliedern aus dem Herzen gesprochen war, zeigte der Beifall, der diesen Ausführungen folgte.

Herr Geh. Hofrat Dr. Haid zeigte sodann die bei den letzten Erdbeben erhaltenen Registrierungen in Durlach und Freiburg vor und machte auf die Verschiedenheiten dieser Seismogramme aufmerksam.

734. Sitzung am 3. November 1911.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Bunte. Anwesend 36 Mitglieder.
Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Prof. Dr. Bredig.

Herr Professor Paul Askenasy sprach „Über die elektrochemische Aluminiumindustrie im Zusammenhang mit der Stickstofffrage". Aluminium läßt sich aus seinem Oxyd (Tonerde) durch Erhitzen mit Kohle gerade so gewinnen, wie die meisten übrigen Metalle durch Erhitzen mit Kohlenstoff aus ihren Oxyden sich abscheiden lassen. Die Reaktion läßt sich bei der großen Energie, mit welcher der Sauerstoff am Aluminium in der Tonerde haftet, jedoch nur bei den Temperaturen des elektrischen Ofens ausführen; erst wenn man Tonerde auf ihren Schmelzpunkt (ca. 2000° C) im Gemisch mit Kohle erhitzt, entsteht aus diesem Reduktionsgemisch Kohlenoxyd und Aluminium. Letzteres kann dabei nur unter bestimmten Bedingungen in reiner Form aufgefangen werden, denn es verbindet sich gleichzeitig leicht mit vorhandenem überschüssigem Kohlenstoff zu Aluminiumcarbid.

Bei der Schwierigkeit, das Aluminium auf diesem Wege zu gewinnen, hat ihn die Technik nur für die Erzeugung von Aluminiumkupferlegierungen benutzen können, die sich im Gegensatz zu reinem Aluminium leicht bilden, wenn man dem Reduktionsgemisch im elektrischen Ofen Kupfer beimengt, indem dieses seinerseits das entstehende Aluminium unter Bildung der bekannten Aluminiumkupferlegierungen aufnimmt, welche sich sehr leicht aus dem Ofen abstechen lassen. Für die Erzeugung von reinem Aluminium benutzt die Technik heute einen anderen Weg: Nicht die elektrothermische

Zersetzung der Tonerde, also nicht einen rein thermischen, oder um es anders zu sagen, einen rein chemischen Prozeß, sondern sie benutzt die spezifische Wirkung des elektrischen Gleichstromes beim Durchgang durch eine Lösung von Tonerde. Man verfährt so, daß man in einem großen, mit Kohleziegel ausgefütterten Kasten Kryolith, ein Doppelsalz (Aluminiumfluorid-Natriumfluorid) bei Rotglut schmilzt und in die Schmelze Tonerde einträgt. Dabei bildet sich eine Lösung von wasserfreier Tonerde in dem Kryolithbade. Senkt man nun in die Schmelze Kohleelektroden ein und verbindet diese mit dem positiven Pol einer Gleichstromquelle, während der Kohleboden des Kohlekastens mit dem negativen Pol derselben Stromquelle verbunden wird, so scheidet sich am Boden Aluminium aus, während der Stauerstoff der Tonerde an den eingesenkten Elektroden zur Abscheidung kommt und sie unter Bildung von Kohlenoxyd verzehrt; sie müssen also von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Das am Boden abgeschiedene geschmolzene Aluminium wird von Zeit zu Zeit ausgeschöpft. So werden jährlich etwa 30 000 Tonnen Aluminium erzeugt, davon das meiste in den Vereinigten Staaten, der Schweiz und Frankreich. Daneben kommen als Produktionsländer noch England, Österreich, Italien und Norwegen in Betracht. Deutschland scheidet wegen der allzu beträchtlichen Kosten der Kraft aus.

Arbeitet man nach dem erstüberwähnten Verfahren der Reduktion der Tonerde, so daß viel überschüssiger Kohlenstoff im elektrischen Ofen gegenwärtig ist, so bekommt man gar kein freies Aluminium, sondern nur Aluminiumcarbid. Dieses läßt sich vorzüglich verwenden, um atmosphärischen Stickstoff zu binden (Serpekverfahren) und aus dem durch einfaches Erhitzen des Aluminiumcarbides in einer Stickstoffatmosphäre erhaltenen Aluminiumnitrid wird dann durch Behandlung mit Wasser Ammoniak gebildet, das seinerseits auf dem üblichen Wege in Ammoniumsulfat übergeführt und dann wie das in den Kokereien erhaltene Ammoniumsulfat als Stickstoffdünger verwandt werden kann. Der Vortragende erwähnte im Anschluß daran das auf ähnlicher Basis beruhende Verfahren der Bindung von atmosphärischem Stickstoff in Gestalt von Kalkstickstoff, welcher erzeugt wird, indem man Calciumcarbid im Stickstoffstrom erhitzt, und besprach ferner die, beiden Verfahren drohende Konkurrenz der Synthese des Ammoniaks aus gasförmigem Stickstoff und gasförmigem

Wasserstoff nach einem Verfahren des jetzt in der Kaiser Wilhelm-Akademie der Wissenschaften tätigen Professor Dr. F. Haber. Die Zukunft wird lehren, ob alle drei Verfahren nebeneinander konkurrenzfähig bleiben werden, bezw. welches von den dreien siegreich bleiben wird.

735. Sitzung am 17. November 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.
Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Direktor der Realschule Burger und Prof. Dr. Thoma in Ettlingen.

Herr Direktor Treutlein hielt einen Vortrag über: „Die Aufgabe und die Tätigkeit der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission". Beim letzten Internationalen Mathematikerkongreß zu Rom (1908) war nämlich eine solche Kommission beantragt und gebildet worden, der im Hinblick auf die Wichtigkeit einer vergleichenden Untersuchung der Methoden und Lehrpläne des mathematischen Unterrichtes in den höheren Schulen der verschiedenen Länder der Erde die Aufgabe zugewiesen wurde, diese Frage zu studieren und dem nächsten Kongreß zu Cambrigde (1912) hierüber einen Gesamtbericht vorzulegen. Zur Ausführung dieser Aufgabe wurden in 23 Kulturländern je besondere nationale Ausschüsse gebildet; diese haben den gegenwärtigen Zustand der Organisation und der Methodik des mathematischen Unterrichts aller Schulstufen darzustellen und dabei besonders den modernen Bestrebungen zur Neugestaltung und Verbesserung dieses Unterrichtes Beachtung zu schenken, nicht minder auch der Vorbildung, Ausbildung und Fortbildung der entsprechenden Fachlehrer.

Soweit geplant, werden etwa 200 einzelne gedruckte Berichte teils kürzerer, teils längerer Fassung die den einzelnen Völkern zugewiesenen Aufgaben erledigen; bis jetzt sind einige 80 erschienen. In Ländern mit zentralisiertem oder einheitlich gestalteten Unterrichtswesen bieten diese Berichte zusammenfassende Darstellungen; in Ländern mannigfaltig gestalteten Unterrichtswesens bedarf es mehr eingehender Einzelberichte. So in Deutschland: hier werden fünf Bände nötig sein, die Fülle der Sondergestaltungen des Unterrichtes darzustellen; denn sie umfassen die Unterrichtsarbeit vom Kindergarten bis zur Hochschule und haben auch die so mannigfal-

tigen fachlichen mathematischen Kurse zu behandeln. Dank der unermüdlichen allseitig anregenden Arbeit und Leitung des Geh. Rates Professors Klein (Göttingen) als Vorsitzenden des deutschen Ausschusses wie der Weltkommission ist die Arbeit für Deutschland schön vorgeschritten: 16 Hefte liegen vor, bei Teubner in Leipzig erschienen.

Liegen erst die Berichte aus allen Ländern sämtlich vor, so wird ein wesentlicher Teil und der Hauptzweck der gesamten Arbeit der sein, einen Gesamtbericht abzufassen mit Würdigung der verschiedenen Lehrpläne und Methoden und mit Vorschlägen zu immer besserer Gestaltung des mathematischen Unterrichtes in seiner Bedeutung für fachliche wie allgemeine Bildung.

So wird in der Leistung der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommision schließlich ein Werk vorliegen von größter Bedeutung, eine kulturelle Tat allseitigen Zusammenwirkens, ein neuer Ruhmestitel der Menschheit.

736. Sitzung am 1. Dezember 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend S. K. Hoheit der Großherzog und 79 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Haid berichtete über die aus den Beobachtungen an Horrizontalpendeln in Durlach und Freiburg ermittelten Deformationen des Erdkörpers infolge der Attraktion von Mond und Sonne. Darnach macht auch die feste Erdkruste eine der Ebbe und Flut des Meeres gleichperiodische Bewegung. Diese Bewegung ist allerdings klein, ist aber der Messung mit empfindlichen Instrumenten doch zugänglich und besteht vornehmlich in einem regelmäßigen Schwanken der vertikalen Richtung, welcher die physische Erdoberfläche je nach ihrer elastischen Beschaffenheit mehr oder weniger folgt. Es lassen sich daraus Schlüsse auf die Festigkeit des ganzen Erdballes sichern, welche gewöhnlich durch den sogenannten Starrheitskoeffizienten ausgedrückt wird. Während man bis vor wenigen Jahren der Erde eine einheitliche Festigkeit und zwar diejenige von Stahl beimaß, haben die Beobachtungen der letzten Jahre ergeben, daß der Starrheitskoeffizient in der Nord-Süd-Richtung beträchtlich kleiner als in Ost-West ist und nur 0,3 bis 0,6 des ost-westlichen beträgt. Es hängt dies wohl auch

von der Erdscholle ab, auf der beobachtet worden ist, doch scheint es, daß es in ganz Europa sich so verhält.

Für eine gute Vermittlung solcher Resultate ist eine mindestens über ein ganzes Jahr sich erstreckende nahezu lückenlose photographische Aufzeichnung nötig, wie sie für die beiden Stationen Durlach und Freiburg für die Zeit vom 1. November 1907 bis dahin 1908 vorliegt. Die Resultate sind sowohl in Nord-Süd als auch in Ost-West in guter Übereinstimmung mit den Werten, die früher in Straßburg und Nicolajew für die Ost-West-Richtung allein und neuerdings in Potsdam und Dorpat für beide Hauptrichtungen gefunden wurden. Darnach beträgt der Starrheitskoeffizient für

		N—S	E—W
in Dorpat	(1910)	3,6	6,0.10″ c.g.s.
„ Potsdam	(1911)	1,8	6,2 „
„ Durlach	(1911)	1,1	4,2 „
„ Freiburg	(1911)	3,5	7,7 „

Die gleichen Zahlen sind für Glas 3,0.10″ c.g.s. für Kupfer 4,7 für Stahl 7,7. Weitere Untersuchungen in andern Erdteilen müssen diese Erscheinung noch aufklären, über deren Ursache man vorläufig nur mutmaßen kann, die aber unsere Kenntnis über den Aufbau des Erdinnern erweitern wird. Für diesen Zweck sollen weitere Stationen demnächst in Paris, dann in Winnipeg in Kanada, in Tomsk in Sibirien und eine in Australien errichtet werden.

737. Sitzung am 15. Dezember 1911.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Bunte. Anwesend 39 Mitglieder.

Herr Professor May hielt einen Vortrag über Herders Anschauung der organischen Natur. Er gedachte zunächst der mannigfachen naturwissenschaftlichen und philosophischen Anregungen, die Herder von seinen akademischen Tagen in Königsberg an bis zur Zeit seiner höchsten geistigen Produktivität in Weimar zuteil wurde. Kant, Leibniz, Shaftesbury, Spinoza, Einsiedel und Goethe bestimmten die Richtung seines Denkens. Zugleich nahm er die naturwissenschaftlichen Elemente seiner Zeit, namentlich die Forschungsergebnisse eines Buffon, Camper, Sömmering, Blumenbach und Forster in sich auf, um aus ihnen eine Na-

turanschauung zu gestalten, die seinem individuellen Empfinden entsprach, die ethisch-religiösen Bedürfnisse seiner Persönlichkeit befriedigte. Der Vortragende gab sodann eine kurze Darstellung der Herderschen Naturansicht, als deren charakteristische Momente die Gedanken der Zwecktätigkeit und Gesetzmäßigkeit alles Geschehens, der Einheit der Natur, der Anpassung und der stufenweisen Entstehung der Naturkörper durch die genetische Kraft der Elemente zu gelten haben. Zum Schluß erörterte Professor May die Stellung Herders zum Deszendenzgedanken und bekämpfte die Ansicht Hansens, nach der Herder ein Vorläufer Darwins war. Der Gedanke des genetischen Zusammenhangs der organischen Formen findet sich bei Herder nicht, trotzdem wird er aber stets unter den großen Entwicklungsdenkern aller Zeiten als der ersten einer zu nennen sein.

Über drei wichtige geologische Entdeckungen sprach Herr Prof. Dr. W. Paulcke. Im Jahre 1910 entdeckte der Vortragende gelegentlich einer Exkursion mit Studenten der hiesigen Hochschule bei Hof im Grund in der Nähe von Innertkirchen (Schweiz) in den zwischen Gneiß und Jura liegenden, als fossilleer geltenden sogenannten Zwischenschichten nach systematischem Suchen eine fossile Fauna, durch welche zum erstenmal festgestellt wurde, welches relative Alter diese Schichten besitzen; der vielfach zum Perm gerechnete Komplex wurde als triadischen Alters, und zwar als Muschelkalk von germanischer Ausbildungsweise erwiesen.

Damit wurde festgestellt, daß das germanische Triasmeer bis in diese Region der Schweiz reichte, wenn auch die in demselben abgelagerten Gesteine relativ geringmächtig ausgebildet wurden. Die fossile Fauna zeigt in einzelnen Leitfossilien, wie im Gesamthabitus durchaus germanisches Gepräge. Als Schlußfolgerungen von weittragender Bedeutung für die Auffassung des Gesamtbaues der Alpen ergibt sich aus den neu festgestellten Tatsachen, daß zwischen dem Gebiete der neu erkannten helvetischen Trias und dem germanischen Triasgebiet nicht, wie manche Geologen annehmen, das sogenannte „vindelizische Gebirge“ mit ostalpiner Triasentwicklung versunken liegen kann, sondern, daß die als Überschiebungsreste über den helvetischen Komplexen wurzellos ruhenden Gesteine ostalpiner Trias usw. nur aus Süden überschoben worden sein können. Damit wird ein weiterer fundamentaler Bei-

trag für die noch umstrittene Überfaltungshypothese beigebracht.

Die zweite Mitteilung betraf die im Herbst 1910 nach langem Suchen entdeckten Fossilien im anstehenden Gestein der sogenannten Niesenflyschzone. Dem Vortragenden war schon seit Jahren die auffallende Ähnlichkeit der Ablagerungen dieses Gebiets der Freiburger Alpen mit gewissen Schichten des Prätigau, wie des Unterengadin aufgefallen. — Über den ersten Fossilfund, der ihm vor Jahren im letztgenannten Gebiet gelang, und durch den er dort erstmals das Alter der betreffenden Schichten festlegte, war früher im Naturwissenschaftlichen Verein berichtet worden. — Die Forschungsarbeit im Niesenflyschgebiet galt dem Auffinden analoger Fossilien in den habituell durchaus gleichen Gesteinen. — An einer Stelle wurden denn auch Gesteine entdeckt, welche nach ihrem ganzen Aussehen eine der Graubündner entsprechende Mikrofauna zu enthalten versprachen. Schliffe und mikroskopische Untersuchung bestätigten nach der Heimkehr diese Annahme. Es war gelungen, endlich Leitfossilien in diesem umstrittenen Gebiet zu entdecken und Fossilführung, petrographischer Habitus der Gesteine, sowie ihre tektonische Lage führten den Vortragenden dazu, diesen bisher eine Lokalerscheinung geltenden Komplex als eine weitgehende, am ganzen Vorderrand der Alpen bis nach Graubünden ziehende und überall im gleichen tektonischen Verbande liegende Decke zu deuten. Der neu aufgestellten tektonischen Einheit wurde der Name Bündner Decke gegeben. — Handstücke, wie Schliffe der Mikrofossilien belegten das Gesagte.

Der dritte wichtige Fund im Jahre 1910 betraf die erste Entdeckung von anstehendem Nephrit im Gebiete der Alpen, welche dem Vortragenden zusammen mit Dr. Welter-Bonn gelang. Nach einer Hypothese von G. Steinmann ist Nephrit aus Ganggesteinen eines Gabbroschmelzflusses entstanden, welcher in sog. Peridotite eindrang. Als die letzteren unter Wasseraufnahme in Serpentin verwandelt wurden, wurde auf die entsprechenden Ganggesteine ein enormer Druck ausgeübt, so daß infolgedessen Nephrit aus ihnen entstand.

Falls Steinmanns Ansicht richtig war, mußte überall der Nephrit zu erwarten sein, wo Gabbro in Kontakt mit Serpentin stand.

Der Verfasser führte daher gelegentlich einer Exkursion in seinem langjährigen Arbeitsgebiet, dem Unterengadin, die Exkursion, der auch Dr. Welter angehörte, in die Gegend, wo Nephrit unter den geschilderten Verhältnissen zu erwarten war, und da traf Dr. Welter als Erster auf einen Gang mit anstehendem Nephrit. Einige Tage später entdeckte der Vortragende ein überaus reiches Nephritvorkommen mit 8 schönen Gängen. Damit war erstmals das Vorkommen von Nephrit in den Alpen festgestellt.

Aus diesem wertvollen schönen grünen Strahlsteinmaterial (Jade) verfertigten sich die Pfahlbauer Messerchen. Da man nun früher Nephrit nur aus Asien, Neuseeland usw. kannte, war die Hypothese aufgestellt worden, die Bodenseepfahlbauern hätten schon damals ausgedehnte Handelsbeziehungen mit Asien unterhalten, der Nephrit sei von dort her importiert worden, oder die Pfahlbaubevölkerung sei von Asien eingewandert und habe von dort den Nephrit mitgebracht. Durch den Fund von alpinem Nephrit fallen diese Hypothesen endgültig. Gletscher und Flüsse brachten das Nephritmaterial aus den Hochregionen in das alpine Vorland, wo der Pfahlbauer mit scharfem Blick das edle Material erkannte und verwertete.

Durch Demonstrationen von Pfahlbaunephriten, asiatischen und Graubündner Stücken, aus welch letzteren der Vortragende zum Teil kleine Beile und Messer geschliffen hatte, sowie durch Vergleich der mikroskopischen Schliffe konnten sich die Anwesenden von der Identität des Materials überzeugen.

738. Sitzung am 19. Januar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Ministerialrat Schwörer.

Der Vorsitzende teilte zunächst mit, daß der Ehrenvorsitzende des Vereins, Herr Geheimerat Dr. Engler, am 5. Januar seinen 70. Geburtstag gefeiert habe. Es sei geplant gewesen, ihm eine Festschrift zu widmen und bei der ersten Zusammenkunft eine besondere Feier zu veranstalten. Dies sei aber auf den Wunsch des Jubilars unterblieben und der Vorsitzende müsse sich darauf beschränken, an die großen Verdienste des Jubilars zu erinnern, der

14 Jahre lang mit selbstloser Hingabe die Geschicke des Vereins geleitet hat; die Errichtung der Erdbebenstationen in Durlach und Freiburg, die Veröffentlichung des großen Reisewerkes von Futterer, die Einsetzung einer Kommision zum Schutz der Naturdenkmäler, die Ordnung des rechtlichen Verhältnisses des Vereins seien unter seiner Leitung erfolgt. Möge es ihm beschieden sein, noch lange die reichen Früchte seines Wirkens zu genießen im Bewußtsein der großen Verehrung, die ihm alle entgegenbringen, denen er Freund und Berater war und noch ist, nicht zum mindesten der Naturwissenschaftliche Verein.

Herr Professor Dr. Teichmüller hielt sodann einen Vortrag über: „Die erste Überlandzentrale mit 110000 Volt Spannung". Der Vortragende hebt aus der Geschichte der Energieübertragung zwei Daten als besonders wichtig hervor: zuerst das Jahr 1881, in dem Lord Kelvin durch einen Vortrag „Über die in der Natur vorhandenen und für den Menschen zur Gewinnung mechanischer Arbeit verwertbaren Energiequellen" die Aufmerksamkeit darauf lenkte, daß die Elektrotechnik berufen sei, die Wasserkräfte für die menschliche Kultur dienstbar zu machen; sie sollte die Energie der Wasserfälle aus den unwegsamen Gebirgen in die Ebene und in die Städte leiten, wo sie, die Kohle ersetzend, ausgebeutet werden könne. Damit würde eine neue Zeit für die Energiegewinnung und für die Kultur überhaupt anbrechen. Das zweite Datum fällt in das Jahr 1891, wo durch die Lauffen-Frankfurter Kraftübertragung zum ersten Male an einem Beispiele gezeigt wurde, daß der von Kelvin ausgesprochene Gedanke im großen Stile praktisch wirklich durchführbar sei. Von jener Zeit an beginnt die elektrische Hochspannungstechnik sich zu entwickeln. Wie weit die Entwicklung heute vorangeschritten ist, zeigt eine Überlandzentrale größten Umfangs mit der höchsten bisher praktisch verwendeten Spannung von 110 000 Volt, eine Anlage, durch die in den Niagarafällen entnommene Energie nach Berlin (dorthin zuerst) und nach anderen Städten des Staates Ontario in Kanada übertragen wird. Die Anlage stellt ein staatliches Unternehmen dar, und sie darf heute auch in weiteren Kreisen, besonders bei uns in Baden Interesse beanspruchen. Ist doch für das Großherzogtum Baden zur Ausbeutung der Wasserkräfte der Murg eine ähnliche Anlage geplant. Der Vortragende gibt darnach von der Anlage in Ontario eine Beschreibung, die durch eine große Anzahl von Licht-

bildern und einige der Leitungsanlage entnommene, im Original vorgeführte Teile der Anlage illustriert wird. Die Energie wird auf ein Gebiet von etwa 210 Kilometer Länge und etwa 110 Kilometer Breite verteilt (die Entfernung von Basel bis Heidelberg beträgt in der Luftlinie ungefähr 220 Kilometer). In Kürze wird auch der Ort Windsor in einer Entfernung von etwa 390 Kilometer angeschlossen, also ein Gebiet von der Ausdehnung von Basel bis Cöln (375 Kilometer in der Luftlinie) bestrichen werden. Die Energie wird nicht in einer eigenen Wasserkraftanlage gewonnen, sondern von einem früher erbauten Werke dem Werke der Ontario Power Co. gekauft. Das Wasser wird zur Kraftstation in drei unterirdischen Röhren von 5½ Meter Durchmesser geleitet und seine Energie in 10 Turbo-Dynamos von je ungefähr 12 000 Pferdekräften in elektrische Energie unter 12 000 Volt Spannung umgesetzt; die Stromart ist Drehstrom. Die Spannung wird in einer dem Staate gehörigen Transformatorstation von 12 000 auf 132 000 Volt erhöht und die Energie unter dieser Spannung verteilt. Die Verluste setzen sich von Punkt zu Punkt herab, so daß sie auch an den entferntesten Orten noch 110 000 Volt beträgt. — Die Leitungen sind Ringleitungen so von Stadt zu Stadt geführt, daß jede Stadt, wenn die Energiezufuhr von der einen Seite versagt, noch von der andern versorgt wird. Die Leitungen bestehen aus Aluminiumseilen von 107 und 85 Quadratmillimeter Querschnitt. Als Isolatoren mußten sogenannte Hängeisolatoren verwendet werden, weil Stützisolatoren, wie sie für niedrige Spannungen, auch für Telegraphenleitungen, allgemein in Gebrauch sind, für die ungewöhnliche hohe Betriebsspannung viel zu groß hätten genommen werden müssen, als daß sie praktisch noch ausführbar und anwendbar gewesen wären. Die Hängeisolatoren bestehen aus einer größeren Zahl (8 bis 10) Isolatoren besonderer Form, die einer an den anderen gehängt sind; diese Isolatorkette ist an dem Arme des Leitungsturmes aufgehängt, und das unterste Glied nimmt die Leitung auf. Durch sehr umfangreiche und kostspielige Untersuchungen der von verschiedenen Firmen angebotenen Isolatorkonstruktionen hat sich die staatliche Kommission, die mit der Erbauung des Werkes betraut war, sehr verdient gemacht. Daß solche Isolatorketten nach allen Seiten ziemlich frei beweglich sind, ist natürlich ein Nachteil, den sie gegenüber den Stützisolatoren haben. Man muß diesem Nachteil durch technische Mittel begegnen. Zu diesen

Mitteln gehört die Aufstellung großer Leitungstürme mit weitausladenden Querarmen an Stelle der Leitungsmaste. Die Türme in Ontario sind in Stahl konstruiert und im allgemeinen 20 Meter hoch; sie überdecken mit ihren vier Beinen einen Raum von 5,18 Meter im Quadrat und bauen sich pyramidenförmig auf. Die Querarme zur Aufnahme von zwei Drähten laden bis annähernd 5 Meter weit aus. Unter den Türmen, die für besondere Stellen konstruiert werden mußten, zeichnen sich die zur Überschreitung des Wellandkanals gebauten durch ihre Größe von 42,7 Meter besonders aus. Die Unterstationen, die in den einzelnen Ortschaften die hohe Spannung auf eine Mittelspannung von 13 200 Volt zur Verteilung im Ort umsetzen — (diese Spannung wird natürlich noch weiter, nämlich auf 110 Volt, zur Verteilung in die Häuser herabgesetzt) — umfassen die Transformatoren, die Schalter, die Leitungsschutzeinrichtungen, die Sammelschienen und die (weniger beachtenswerten) Einrichtungen für die Mittelspannung; sie sind, was ihre elektrische Anordnung betrifft, sehr einfach, haben aber in ihren mechanischen Einzelheiten und in ihrem Zusammenhang sehr große Sorgfalt bei der Konstruktion erfordert, damit den Eigenarten der hohen Spannung Rechnung getragen und Gefahren vermieden würden. Vor allem durfte nicht an Raum gespart werden. Die Leitungen innerhalb der Gebäude sind auf hohen Stütz- oder auf Hängeisolatoren in einem Abstande von wenigstens 2,44 Meter geführt. Die Schalter bestehen in großen mit Öl gefüllten Kesseln, innerhalb deren die mechanische und elektrische Unterbrechung der Leitungen stattfindet. Von ihrer Größe kann man sich einen Begriff machen, wenn man erfährt, daß zur Aufstellung von 9 Schaltern ein Raum von 20 × 6 Meter Grundfläche erforderlich ist. Ähnlich ungewöhnliche Abmessungen haben die Überspannungsschutzvorrichtungen, die Leitungsdurchführungen durch die Mauern der Gebäude und andere Teile, die zur Ausstattung der Unterwerke gehören. Die Anlage hat sich seit ihrer Betriebseröffnung (mit der Energielieferung nach Berlin am 2. Oktober 1910) sehr gut bewährt. Die Gefahren der hohen Spannung haben sich, nachdem man die Spannung technisch so gut zu beherrschen gelernt hat, als nicht größer erwiesen als die bisher gebräuchlichen Hochspannungen. Nur die Vögel zeigen sich gegen die Spannung viel empfindlicher und vermeiden es, sich auf die Leitungen zu setzen. Auch wirtschaftlich ist mit der Anlage ein voller Erfolg erzielt worden; der Preis der elek-

trischen Energie ist in allen an die Anlage angeschlossenen Städten gegenüber den früheren Preisen erheblich vermindert, teilweise bis auf die Hälfte. Um den Erfolg zu sichern, hat die Regierung keine Mittel gescheut und große Kosten, auch für Versuche und Instruktionsreisen, vor allem auch nach Deutschland, aufgewendet. Das hat dazu geführt, daß auch die deutsche Industrie zur Erbauung des Werkes mit herangezogen wurde: Die Turbinen in der Zentrale sind sämtlich von der Firma J. M. Voith in Heidenheim geliefert (von einem Schüler der Karlsruher Hochschule konstruiert). Die Isolatoren und Leitungsdurchführungen sind zum Teil von der Porzellanfabrik Hermsdorf in Sachsen-Altenburg geliefert. Die beiden Männer, denen das Hauptverdienst an der erfolgreichen Errichtung der ungeheuren Anlage gebührt, sind Deutsche: Der Vorsitzende der Staatlichen Kommission, Adam Beck, stammt aus Baden, der Chefingenieur P. W. Sothmann, ist zwar in Dänemark geboren, hat aber seine Erziehung und seine technische Ausbildung vollständig in Deutschland erhalten. So kann der Erfolg als ein Produkt amerikanischen Unternehmungsgeistes und deutscher Gründlichkeit und Wissenschaftlichkeit angesehen werden. Möge die für unser Heimatland geplante Anlage mit dem gleichen Erfolge ausgeführt und dem Lande zum Segen werden!

739. Sitzung am 2. Februar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

In dem völlig besetzten großen Hörsaal für Physik der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann einen längeren Experimentalvortrag über: „Die Energiequanten und Magnetonen, die neuesten Grundbegriffe der Physik“.

Der Vortrag ist bereits im 24. Band der Verhandlungen wörtlich zum Abdruck gebracht.

740. Sitzung am 16. Februar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 18 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann hielt einen Vortrag über Wirbelstürme und Magnetfelder auf der Sonne.

Das Zeeman-Phänomen, die Erscheinung, daß die Farbe einer Lichtquelle sich ändert, wenn diese der Einwirkung magnetischer Kräfte ausgesetzt wird, gab Anlaß zur Entdeckung des amerikanischen Astronomen Hale, daß sich auf der Sonne starke Magnetfelder bilden infolge von Wirbelstürmen in der Sonnenatmosphäre, welche wegen Ausstrahlung negativer Elektrizitätsteilchen (Eektronen, Kathodenstrahlen), die z. B. auf der Erde die Polarlichter hervorrufen, positiv elektrisch wird, weil kreisende postiv elektrische Atome ein Magnetfeld erzeugen müssen genau wie ein gewöhnlicher kreisförmiger Leitungstrom. Daß wirklich kreisende Strömungen (Wirbelstürme) in der Sonnenatmosphäre vorhanden sind, konnte durch Photographie in einfarbigem Lichte nachgewiesen werden. Bei Verwendung des vollen Sonnenlichtes gelingt dies nicht, da die Sonnenatmosphäre bis zu gewissem Grade durchsichtig ist, somit auf der photographischen Platte eine Übereinanderlegung der Bilder der verschieden beschaffenen Schichten der Atmosphäre und des Kernes entsteht, in welcher Details nicht zu erkennen sind. Der Umstand, daß bestimmte Farben des Lichtes des Kerns durch Absorption in der Sonnenatmosphäre ausgelöscht werden, also im Spektrum als dunkle Streifen (Frauenhofersche Linie) erscheinen, inmitten deren helle, bestimmten Schichten der Sonnenatmosphäre entsprechende Linien auftreten können, ermöglicht nun aber photographische Aufnahme der Sonne lediglich in dem Licht, welches von einer bestimmten Schicht ihrer Atmosphäre ausgeht, so daß ein genaues Bild der Struktur dieser Schicht allein erhalten wird. Beispielsweise strahlt eine der höchsten Schichten nur das rote Licht aus, welches im Spektrum die Lage der roten Wasserstofflinie hat. Die allerhöchsten Schichten leuchten im Lichte der K- und H-Linie des Kalziums, richtiger eines gasförmigen Bestandteiles desselben, welcher noch leichter als Wasserstoff und Helium ist. Gerade die Struktur dieser höchsten Schicht, — sie erscheint als Netzwerk feiner Linien, dessen Maschen von dunkleren und helleren Flecken (Sonnenflecken und -Fackeln) erfüllt sind —, ist von besonderer Wichtigkeit, denn die Linien erweisen sich als die Grenzen von Wirbelgebieten, in welchen in der Mitte heißes Gas aufsteigt, dabei sich abkühlend und gewissermaßen Wolken (dunkle Flecken) bildend, während am Rand das abgekühlte Gas zurücksinkt, sich dabei durch Verdichtung erwärmend (wie der Föhnwind) und deshalb stärker leuchtend (Fackeln). Genau wie in der Erdatmosphäre

findet die Zuströmung zu einem solchen Wirbel (barometrischen Minimum) nicht einfach radial, sondern infolge der Rotation der Sonne und der Trägheit der Gasmassen in Spirallinien statt (Cyklonen und Anticyklonen) und der Drehungssinn dieser Wirbelstürme ist naturgemäß zu beiden Seiten des Sonnenäquators der entgegengesetzte. Da die Sonnenatmosphäre, wie schon bemerkt, erfüllt ist von positiv elektrischen Atomen (Ionen), entstehen in der Achse der Wirbelstürme magnetische Kräfte (Kraftlinien), welche eine Veränderung des von diesen Gebieten ausgesandten Lichtes hervorbringen, derart, daß jede Spektrallinie ersetzt wird durch zwei Spektrallinien, von welcher die eine gegen das rote, die andere gegen das violette Ende des Spektrums hin verschoben ist. Der Abstand ergibt ein Maß für die Stärke des Magnetfeldes. So hat sich ergeben, daß dieselbe etwa der Stärke des Magnetfeldes gleichkommt, wie es bei gewöhnlichen Dynamomaschinen und Elektromotoren benutzt wird, woraus zu schließen ist, daß die Stärke der elektrischen Ströme (Konvektionsströme), welche dieselben erzeugen, etwa 0,1 Ampère pro Quadratmeter Querschnitt beträgt. Auch die Richtung der Ströme läßt sich aus der Veränderung des Spektrums erkennen, denn die beiden Linien, welche an Stelle einer Spektrallinie getreten sind, erweisen sich entgegengesetzt zirkularpolarisiert, wie die Theorie fordert und je nach der Umlaufsrichtung der elektrischen Ströme ist der Umlaufssinn der Zirkularpolarisation jeder der beiden Linien verschieden. Es ergibt sich, wie zu erwarten, Verschiedenheit desselben zu beiden Seiten des Sonnenäquators. Ist die Wirbelachse schräg oder gar parallel zur Sonnenoberfläche gerichtet, was auch vorkommt, so muß theoretisch neben dem Duplett (Paar von Linien) auch die ursprüngliche Spektrallinie, also zusammen ein Triplett zu sehen sein, was tatsächlich zutrifft. Selbst die Geschwindigkeit der auf- und absteigenden Gasströme läßt sich durch die entsprechende (durch das sog. Dopplersche Prinzip bestimmte) einseitige Verschiebung aller Spektrallinien bestimmen. Man findet Werte bis zu 2000 Meter per Sekunde. Da die Momentanphotographie der verschiedenen Schichten der Sonnenatmosphäre eine exakte Darstellung aller gleichzeitig vorhandenen Strömungen ergibt, so ist man im Prinzip imstande, auf einfache Weise die Vorgänge in der Sonnenatmosphäre weit vollständiger zu ermitteln, als es die mühsam zusammengestellten Wetterkarten hinsichtlich der Strömungen in der Erdatmosphäre ermöglichen.

Der Vortragende trug dann weiter über: „Die Beschaffenheit der Mondoberfläche" vor. Durch Bestimmung der Bahn des Mondes gelangt man zur Kenntnis seines spezifischen Gewichts. Während das der Erde durchschnittlich 5,56 ist, woraus man schließt, daß der Kern der Erde im wesentlichen aus Meteoreisen besteht, ist das spezifische Gewicht des Mondes nur 2,5, also etwa dasselbe wie das gewöhnlicher Gesteinsmassen (Granit usw.). Beleuchtet durch die helle Strahlung der Sonne erscheint der Mond weiß, etwa wie wenn er aus Marmor, Gips oder Kreide bestände. Die genauere Messung seiner Helligkeit ergibt aber, daß er nur grau ist, er strahlt nur 0,11 bis 0,17 von dem zugestrahlten Lichte zurück, während z. B. die Venus viel weißer ist, insofern sie weit über die Hälfte zurückstrahlt, vermutlich weil ihre Atmosphäre von dichten weißen Wolken erfüllt ist. Um genauer zu erfahren, welches die grauen Mondgesteine sind, hat man gleichzeitig photographische Aufnahmen in gewöhnlichem und ultraviolettem Lichte gemacht. Bleiweiß und Zinkweiß erscheinen in gewöhnlichem Licht photographiert genau gleich, in ultraviolettem dagegen kommt nur Bleiweiß weiß, Zinkweiß dagegen schwarz, weil es diese Lichtart nicht reflektiert. Ähnliche Unterschiede hat man bei großen Gebieten der Mondoberfläche gefunden, doch konnte noch nicht festgestellt werden, welche Gesteinsarten sich ebenso verhalten.

Herr Prof. Dr. Sieveking führte darauf seinen sogenannten Diktographen, der dazu verwendet wird, die in ihn gesprochenen Worte zum Zweck der Niederschrift wiederzugeben, vor und Herr städt. Obertierarzt Dr. Carl berichtete über einige neuere Bestrebungen zur Heilung bösartiger Geschwülste, speziell über v. Wassermanns chemo-therapeutische Versuche an krebskranken Mäusen.

741. Sitzung am 1. März 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 53 Mitglieder.

Herr Dr. Willy Hellpach sprach über: „Die Periodizität des Seelenlebens und ihre Beziehungen zu kosmischen Perioden". Nach einer Definition des Begriffes Periodizität und Anführung einiger alltäglicher Beispiele seelisch periodischer Erscheinungen wandte sich der Redner den erst von der Wissenschaft aufgedeckten Perioden zu, die er in seelische

Jahres- und Tagesperioden gliederte. Im Rahmen des Jahres ist die gesicherteste Beobachtung das Auftreten einer gesteigerten seelischen Erregtheit bei gleichzeitiger Abnahme der intellektuellen Anspannungsfähigkeit im Mai und Juni, wie sie sich in der Häufung der Selbstmorde, der Konzeptionen, der sexuellen Gewalttaten, der geistigen Erkrankungen und der Erregungszustände der Irren, sowie endlich in der geistigen Leistungsfähigkeit in den Schulen kundgibt. (Lombroso verlegte auch die Mehrzahl der genialen Einfälle in diese Monate; bei aller Reserve demgegenüber ist es doch interessant, daß auch die Patentanmeldungen der Erfinder im Spätfrühling eine besondere Häufung aufweisen sollen). Ferner sinkt stets die geistige Arbeitsfähigkeit im eigentlichen Hochsommer nach allen Richtungen hin und steigt umgekehrt auf den höchsten Punkt im Winter, wo sie im einzelnen je nach der atmosphärischen Helligkeit schwankt. Im Rahmen des Tages vollzieht sich der bekannteste periodische Wechsel unseres Seelenlebens in den Zuständen von Wachen und Schlaf, Frische und Müdigkeit. Besonders der Gang der Schlaftiefe ist genau erforscht: die größte Schlaftiefe liegt normaler Weise vor Mitternacht (d. h. in den beiden ersten Schlafstunden); eine geringere nochmalige Vertiefung des während der ganzen übrigen Nacht viel flacheren Schlafes liegt kurz vor dem Erwachen. Auffallend ist, daß die natürlichen Zeiten des Schlafbedürfnisses und des Aufwachens mit dem Maximum, bezw. Minimum von Luftdruck und Elektrizität ungefähr zusammenfallen. Über Tages zeigt die geistige Leistungsfähigkeit regelmäßig ein tiefes Minimum während der Mittagstunden und einen lebhaften Wiederanstieg im späten Nachmittag. Monat und Woche, früher die Einheiten des Mondumlaufes, sind heute konventionelle Zeitgebilde; wöchentliche und monatliche Schwankungen des Seelenlebens, die man nachgewiesen hat, können nur mit sozialen Lebensbedingungen zusammenhängen. Man hat sich aber neuerdings (allen voran der bekannte Naturforscher Arrhenius) wieder mehr der Frage der Beeinflussung von Lebensvorgängen durch die Mondphasen beschäftigt. Die Abhängigkeit der Menstruationen und der epileptischen Anfälle vom Monde, die Arrhenius gefunden zu haben meint, wird von anderen bestritten. Über jeden Zweifel sichergestellt aber ist das wunderbare Palolo-Phänomen, d. h. die Tatsache, daß die Fortpflanzungsstücke des Südseewurmes Eunice immer nur in der Nacht vor der astronomischen Vollendung des

letzten Mondviertels im Oktober und November ausschwärmen. Von den Erklärungsversuchen, die dafür beigebracht worden sind, erscheint uns keiner zureichend. Der Vortragende streifte dann noch die Überjahresperioden des Seelenlebens, wie sie (vorerst jeder Gesetzmäßigkeit spottend) namentlich bei den cyklischen Geisteserkrankungen vorkommen, und wie sie im Bereich des Normalen am interessantesten Möbius an der Siebenjahreperiode Goethes nachgewiesen hat. Auch Bismarck glaubte an sich selber in elfjährigen Abständen eintretende seelische und körperliche Krisen feststellen zu können. Die Ursachen hierfür liegen noch völlig im Dunkel. Mit einer kurzen Wiedergabe und Kritik der Fließschen Hypothese, welche alle Periodizitäten auf Einheiten von 28 und 23 Tagen (weibliche und männliche Periodeneinheit) zurückführen will, beschloß der Redner seine Ausführungen.

742. Sitzung am 15. März 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.

Herr Prof. Dr. Sievcking hielt einen Vortrag über „Die neueren Auffassungen von Elektrizität und Äther". Der Vortragende behandelt in kurzen Zügen die Maxwellsche Theorie und ihre von H. Hertz gegebene Erweiterung für bewegte Körper, besprach sodann die Theorie von H. A. Lorentz, die im Gegensatz zur Theorie von Hertz mit den bekannten Versuchen von Wilson, Eichenwald und Fizeau im Einklang steht. Ausführlich behandelt wurde der Interferenzversuch von Michelson und die zu seiner Deutung von H. A. Lorentz und Fitzgerald aufgestellte Kontraktionshypothese. Zum Schluß wurde das Einsteinsche Relativitätsprinzip, das auf einem ganz andern Weg zu den gleichen Schlüssen, wie die Lorentzsche Theorie führt, ausführlich dargelegt.

743. Sitzung am 26. April 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 29 Mitglieder.
Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Lehramtspraktikant Wild, Assistent Dr. Wolfke, Prof. Zepf.

Herr Privatdozent Dr. Henglein sprach über „Radiummineralien und ihre Lagerstätten". Seit der Entdek-

kung des Radiums und der Wirkungen seiner Strahlen haben sich sowohl Regierungen, als auch Private bemüht, für eine regelmäßige Radiumproduktion geeignete Lagerstätten aufzufinden und zu verwerten. Soweit unsere Kenntnis der radioaktiven Lagerstätten reicht, ist das Radium ausschließlich an Uran gebunden; auf ca. 2 600 000 Teile Uran kommt 1 Teil Radium. Der Vortragende berichtete über 14 Uranmineralien und zeigte eine Reihe derselben vor. Für die Radiumgewinnung kommt als einziges Mineral das Uranpecherz in Betracht; der gegenwärtig in Colorado gewonnene Carnotit, ein Uranvanadinit und der radiumhaltige Kolm von Närke und Westergötland in Schweden, sind nur spärliche Vorkommen. Das Rohmaterial dürfte wohl zu teuer sein für die Radiumproduktion. Uranpecherz kommt vor als magmatische Ausscheidung im Granit bei Lungwengule im Ulugurugebirge im Bezirk Morogoro, Ostafrika, und Stavanger in Norwegen, auf den den Granit durchsetzenden Zinnerzgängen von Cornwall und auf Nickel-, Kobalt- und Edelmetallgängen in Gilpin County, Colorado, sowie besonders im sächsisch-böhmischen Erzgebirge. Der Vortragende ging auf die Geologie und die Gangausfüllungen dieser Gegend näher ein und gab als gemeinsame Merkmale aller radiumhaltigen Uranerzgänge an, daß alle an Granitgebiete und hochgradig umgewandelte Schiefer gebunden sind. Radium und Uran sind also saure Elemente. Auf allen Gängen, einschließlich der Zinnerzgänge, ist die Vergesellschaftung der Uranerze mit sulfidischen Erzen von Edelmetall, Kupfer, Kobalt und Nickel bemerkenswert; Zinnerze treten, abgesehen vom Cornwalldistrikt, auch in der Nähe anderer Uranerzgänge auf. Man kann den Satz aufstellen, daß uranerzverdächtig solche sulfidische Erzgänge sind, die in oder in der Nähe zinnerzführenden Graniten aufsetzen. Von allen Uranerzlagerstätten kommt für eine regelmäßige Produktion nur St. Joachimsthal in Böhmen in Betracht. Krusch schätzt die Maximalproduktion, welche die dortigen Gruben auf längere Zeit zu liefern imstande sind, auf 16—20 t jährlich mit einem Durchschnittsgehalt von 55 % Ur_3O_8. Die aus dem Uranpecherz gewonnenen Uranfarben sind nicht radioaktiv; es ist also möglich Uran von Radium zu trennen, derart, daß die Rückstände der Uranfarbenfabrikation die gesamte ursprünglich im Pecherz enthaltene Radiummenge haben. In den Rückständen findet eine 3- bis 4fache Konzentration des Radioaktivität statt; die bisherige Erfahrung zeigt,

daß die verarbeitete Pechblende $^1/_3$ ihres Gewichts Rückstände liefert, so daß bei einer Jahresförderung von 18 t Erz mit ca. 6 t Rückständen zu rechnen ist. Daraus wird man in Zukunft 1,8 gr Radiumsalz höchster Aktivität herstellen. Wenn man in Österreich in den letzen Jahen 3,5 gr produzierte, so stammte das Ausgangsmaterial nicht aus einer regelmäßigen Produktion des Pecherzes, sondern aus einer erheblichen Menge alter Vorräte, die aber jetzt erschöpft sein dürften. Der Preis für 1 gr Radiumsalz höchster Aktivität beträgt ca. 400 000 Frs., der heutige Radiumpreis ist aber ein Zufallswert, der nicht mit dem Marktpreise anderer Metalle verglichen werden kann. Dem Wert stehen die außerordentlich geringen Unkosten gegenüber, nämlich 10 000 Frs. pro Gramm. Aus diesem Verhältnis der Unkosten zum Wert könnte man schließen, daß bei dem heutigen Radiumpreis noch sehr arme Erze verwertbar sind und daß man eventuell von einem Rohmaterial ausgehen kann, welches nur wenige % Ur_3O_8 enthält. Die Erfahrung lehrt aber Vorsicht bei derartigen Schlüssen; denn es zeigt sich bei allen Metallen, daß die uns bekannten chemischen Prozesse nur bis zu bestimmten Verdünnungen möglich sind. Bei stärkeren Verdünnungen wirken die betreffenden Fällungsmittel nicht mehr. Eine Radiumfabrikation ist nach den bisherigen Erfahrungen nur möglich nach vorausgegangener Uranfarbenfabrikation. Würde man nur das Radium aus dem Uranpecherz herstellen, so wären die Unkosten sehr bedeutend. In letzter Zeit erwächst dem Radium in dem Mesothorium und seinem Zerfallprodukt Radiothor eine Konkurrenz. Diese Präparate werden aus thoriumhaltigen Mineralien Monazit, Thorit und Orangit hergestellt; man gewinnt ebenfalls die Bromverbindung und verkauft das Mesothorium in Mengen, deren Aktivität 1 mg Radiumbromid entspricht für 200 M. Zum Schluß berichtete der Vortragende über den Einfluß der Radiumbestrahlung auf die Farbe von Mineralien. Wenn es auch bis jetzt noch nicht möglich ist, hieraus direkt die Natur des Pigments zu ermitteln, so besteht doch die Aussicht, andere Faktoren, welche bei der Färbung mitwirken, kennen zu lernen.

In der sich daran knüpfenden Besprechung verteidigt Herr Prof. Dr. Sieveking die Theorie, daß der Radiumgehalt der Erde deren Ausstrahlung entgegenwirke und daß diese deshalb älter sei, als die Physiker bisher angenommen hätten; er teilte ferner mit, daß in den Badener Thermen Helium nachgewiesen worden sei.

Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann sprach über die Theorie, nach der die Sonnenwärme immer wieder durch Radium und Helium, sein Zersetzungsprodukt, einen neuen Zuwachs erhalte, sich also nur langsam abkühle.

744. Sitzung am 10. Mai 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 37 Mitglieder.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr cand. chem. Fürst Kotschoubey.

Herr P. A. Liesegang aus Düsseldorf hielt im großen Hörsaal für Physik der Technischen Hchschule einen Experimentalvortrag über „Die Fehler der Linsen". Der Vortragende zeigte zunächst durch einen Versuch, wie die einfache Linse bei großem Gesichtswinkel ein völlig unbrauchbares Bild liefert, dem allerlei Mängel anhaften: Farbsäume, Verschwommenheit und Verzerrung. Nur die Mitte des Bildes weist Schärfe auf. Die Farbenabweichung, welche an Hand weiterer Versuche zur Anschauung gebracht wurde, ist auf die prismatische Gestalt der Linse zurückzuführen. So wurde auch mit Hilfe von Prismen aus Crown- und Flintglas gezeigt, wie man diese Abweichung beseitigt. Die sphärische Abweichung wird durch die kugelförmige Gestalt der Linse bedingt; sie äußert sich darin, daß die Randstrahlen stärker gebrochen werden und ihren Vereinigungspunkt näher an der Linse haben, als die zentralen Strahlen. Der Verlauf der Strahlen und die Wirkung dieses Fehlers wurden durch Versuche dargetan, wobei auch gezeigt wurde, daß durch Abblenden eine Besserung erzielt wird. Da die Blende indessen viel Licht raubt, muß man nach einem anderen Abhilfemittel suchen; ein solches ergibt sich in der Kombination der Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse, welch letztere die sämtlichen Strahlen auf einen Punkt vereinigt, ohne die Ablenkung zu beheben. Man hat zwar auch eine Linse mit ovaler Oberfläche berechnet, die frei von sphärischer Abweichung; doch läßt sich diese in der Praxis nicht verwerten. Unangenehme Abweichungen zeigen die schräg auf die Linse auffallenden Strahlen, die also von Punkten ausgehen, welche seitlich der optischen Achse liegen. Wie durch Lichtbilder und weitere Versuche gezeigt wurde, haben wir es zunächst ebenfalls mit einer sphärischen Abweichung, der sog. Koma, zu tun; diese ruft an Stelle des Bildpunktes einen komet-

schweifartigen Fleck hervor, indem die Schnittpunkte der Strahlen infolge verschieden starker Brechung in einem gestreckten „Brennraum" hintereinander liegen. Auch hier kann durch starkes Abblenden eine Besserung herbeigeführt werden; zweckmäßiger ist aber die Korrektur mit Hilfe zweier Linsen, die symmetrisch zur Blende angeordnet sind. Dies wurde durch Versuche belegt. Denkt man sich die Koma beseitigt, so zeigen die schräg auffallenden Strahlen immer noch keinen regelmäßigen Verlauf; der Strahlengang ist vielmehr ganz eigenartig und hat zur Folge, daß ein Punkt abgebildet wird durch zwei senkrecht zueinander stehende Brennlinien, die in einem gewissen Abstande hintereinander liegen. Diese Abweichung, der Astigmatismus, macht sich besonders bemerkbar bei graden Linien am Rande des Gesichtsfeldes und ist leicht festzustellen durch ein Kreuz; je nach der Einstellung erhält man nämlich entweder die senkrechte oder die wagerechte Linie des Kreuzes scharf, während die andere Linie gleichzeitig verschwommen erscheint. Der Astigmatismus tritt auch als Fehler des menschlichen Auges auf und man korrigiert ihn durch Zylinderlinsen. Wie diese dabei wirken, wurde durch Versuche demonstriert. Nach Beseitigung der „anastigmatischen Differenz" bleibt noch ein Fehler übrig, die Bildfeldwölbung: das scharfe Bild liegt nicht in einer ebenen, sondern einer gewölbten Fläche. Nachdem dies durch ein Experiment belegt war, erfolgte die objektive Darstellung des letzten Linsenfehlers, der Verzeichnung in ihren beiden Formen, der tonnenförmigen und kissenförmigen, welche durch zwei symmetrisch zur Blende angeordnete Linsen korrigiert wird. Der Vortragende ging noch ein auf die bei den Linsen auftretenden störenden Spiegelflecke oder Reflexbilder und schloß dies Gebiet mit einem Hinweis auf die Schwierigkeiten, die überwunden werden mußten, bis es gelang, so vollkommene optische Instrumente herzustellen, wie wir sie heute haben.

Im folgenden Teile des Vortrages wurden die Fehler des menschlichen Auges behandelt, welches ebenso wie die einfache Linse Farbenstreuung zeigt. Diese Abweichung tritt jedoch normalerweise gar nicht zutage, sondern kann nur durch Kunstgriffe sichtbar gemacht werden. Einige Experimente sollten dies dartun. Als eine Folgeerscheinung der Farbenstreuung des Auges und der damit verbundenen Vergrößerung des Bildes leuchtender Punkte wird die sogenannte Irradiation angesehen, eine bekannte Erschei-

nung, die sich darin äußert, daß helle Flächen größer aussehen als gleich große dunkle Flächen. Der Astigmatismus haftet dem normalen Auge ebenfalls nur in geringem Maß an und er tritt lediglich in besonderen Fällen in Erscheinung. Der Vortragende ging schließlich über zu den Farbenempfindungen und zeigte verschiedene Versuche über die Wirkung der Farben auf das Auge, über die Mischfarben und Kontrastfarben.

745. Sitzung am 24. Mai 1912.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Lehmann. Anwesend 54 Mitglieder.

Herr Assistent Dr. Wolfke hielt im physikalischen Hörsaal der Technischen Hochschule einen Vortrag über „Fernphotographie und Fernsehen“. Die Aufgabe des Fernsehens ist zwar seit langer Zeit theoretisch gelöst, jedoch hat sie bis jetzt noch nicht die praktische Durcharbeitung ihr Ziel erreicht. Als Vorläufer auf diesem Gebiet kann man die Pantelegraphen und vor allem die Fernphotographie ansehen. Der Vortragende demonstrierte einen Pantelegraphen von Caselli. Diese Vorrichtung besteht aus zwei Apparaten: der Gebestation und der Empfangsstation. Auf beiden Stationen befinden sich synchronrotierende metallische Zylinder. Auf der Gebestation ist das zu übertragende Bild mit einer isolierenden Tinte auf die Metallfläche des Zylinders aufgetragen. Ein Kontaktstift gleitet auf der Bildfläche und je nachdem, ob er die Metallfläche oder die isolierenden Bildkonturen berührt, schließt er oder unterbricht er den Strom, welcher zu der Empfangsstation geleitet wird. Auf der Empfangsstation ist der Zylinder mit einem Papierstreifen belegt und statt des Kontaktstiftes gleitet auf der Papierfläche ein Zeichenstift, der bei Schließen des Stromes an das Papier gedrückt wird. Während der Rotation verschieben sich die beiden Zylinder mittels einer Schraubenachse längs ihrer Achsen, so daß die Spur des gleitenden Stiftes eine Schraubenlinie auf der Zylinderfläche bildet; dadurch kommen alle Punkte des Bildes nacheinander mit dem Stifte in Berührung. Dieser Apparat kann nur die Umrisse der Bilder wiedergeben, dabei dauert die Übertragung des Bildes je nach dem Modell ca. 1 Stunde. Bedeutende Fortschritte auf diesem Gebiet leistete der von Prof. A. Korn erfundene Teleautograph. Mittels diesem Apparat kann man

photographische Bilder übertragen, die jedoch zu diesem Zweck besonders präpariert sein müssen. Man kopiert hierzu das Bild durch einen Raster (Gitter). Auf diese Weise erhält man ein Bild, das nur aus Strichen besteht; dabei geben die verschiedenen Verbreiterungen der Striche die Tönung des Bildes wieder. Ein so präpariertes Bild wird auf den Zylinder der Gebestation aufgetragen, und zwar so, daß die Striche leitend sind. Mittels eines gleitenden Stiftes wird der Strom so wie bei Caselli unterbrochen oder geschlossen. Auf der Empfangsstation ist der rotierende Zylinder mit einem photographischen Film versehen. Das Licht einer Lampe (Nernstlampe) wird mittels Linsen auf den Film gerichtet, jedoch von einer beweglichen Blende aufgehalten; unter der Wirkung des Stromes wird die Blende verschoben und das Licht durchgelassen, wodurch auf dem Film in entsprechenden Punkten eine Schwärzung entsteht. Im Prinzip ist hier derselbe Vorgang wie bei Caselli, nur daß statt des Stiftes ein Lichtstrahl zeichnet. Zwei sehr wichtige Neuerungen besitzt der Kornsche Teleautograph. Erstens wird die synchrone Bewegung der Zylinder durch eine geistreiche Anordnung bis auf 1 % konstant gehalten. Zweitens benutzt Korn als bewegliche Blende einen Faden des Seitengalvanometers. Der Vortragende führte ein Riesenmodell dieser Anordnung vor. Sie beruht darauf, daß zwischen den Polen eines Elektromagnets sich ein leitender Faden befindet, der unter Einwirkung des ihn durchfließenden Stromes sich an die Seite verschiebt. Bei Korn ist der Faden durch einen Aluminiumstreifen ersetzt und wirkt als die bewegliche Blende. Auf diese Weise konnte Korn nicht nur gute Bilder erhalten, sondern auch die Zeit der Übertragung herabsetzen. Doch erst die Anwendung von Selen erlaubte die direkte Übertragung von Photographien. Selen ist ein dem Schwefel ähnlicher Körper, der die Eigenschaft besitzt, seinen sehr großen elektrischen Widerstand unter Einwirkung des Lichtes zu variieren. Der Vortragende zeigte in einigen Experimenten die Wirkung des Lichtes auf Selen; es genügt eine diffuse Beleuchtung, um seinen Widerstand bis auf die Hälfte zu vermindern. Trotz ihrer großen Empfindlichkeit besitzen die Selenzellen den Fehler, daß sie nicht unmitelbar nach Ausschalten des Lichtes auf ihren Anfangswiderstand zurückkommen, sondern eine längere Zeit dazu brauchen. Korn gelang es, diese sogenannte Trägheit der Selenzellen mittels einer genialen Kompensationsmethode zu umgehen und dieselben für die Fernphotographie

brauchbar zu machen. Die Anordnung der Kornschen Fernphotographie ist folgende: Auf der Gebestation befindet sich ein schraubenartig rotierender Glaszylinder, auf welchem der photographische Film mit dem zu übertragenden Bilde angebracht ist. Ein Lichtstrahl fällt durch den durchsichtigen Film auf eine Selenzelle und wird je nach der Tönung des Bildes geschwächt. Die Selenzelle verwandelt die Lichtschwankungen in entsprechende Stromschwankungen, die der Empfangsstation übermittelt werden. Die Anordnung der Empfangsstation ist ähnlich wie beim Teleautographen, nur, daß die Blende im Seitengalvanometer proportional den Stromschwankungen abgelenkt wird und dementsprechend mehr oder weniger Licht auf den empfindlichen Film durchläßt. Auf diese Weise werden die verschiedenen Punkte des Empfangsfilms mehr oder weniger geschwärzt, je nach der Tönung der entsprechenden Punkte des Bildes auf der Gebestation. Diese Anordnung erlaubt ein vollkommenes Bild in wenigen Minuten zu übertragen. In München und Berlin sind bereits derartige Apparate im Betrieb. — Von da aus aber ist noch ein weiter Weg zum Fernsehen. Wie man sieht, ist es nur möglich, ein Bild punktweise zu übertragen, und zwar alle Punkte nacheinander. Das Auge behält die Lichteindrücke noch ca. $^1/_8$ Sekunde nach der Beleuchtung, so daß, wenn wir alle Punkte des Bildes in weniger als $^1/_8$ Sekunden dem Auge zuführen könnten, dann würden wir den Eindruck eines vollständigen Bildes erreichen. Der Vortragende führte diese Tatsache an einem Versuch vor. Dementsprechend mußte die Zeit der Übertragung des Bildes bis auf ca. $^1/_8$ Sekunde vermindert werden. Die Übertragungsgeschwindigkeit müßte also ca. 5000 mal größer werden, wie die heute erreichte. Während des Vortrages wurden mehrere Bilder projiziert.

746. Sitzung am 7. Juni 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 18 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Brauer hielt einen Vortrag über: „Die Versuche von G. Eiffel zur Ermittlung der Gesetze des Druckes bewegter Luft".

Während eine erste Reihe von Versuchen mit freifallenden parallel geführten Versuchskörpern im unteren Drittel des Eiffelturmes in Paris ausgeführt worden war, benutzte Eiffel bei den in

der Zeit 1909 bis 1911 angestellten Versuchen einen künstlichen, durch Gebläse erzeugten Luftstrom von 1,5 bis 2 m Durchmesser mit horizontaler Achse, dessen Geschwindigkeit zwischen 5 m/sk und 20 m/sk variiert werden konnte. In diesem Luftzylinder, welcher in das Versuchszimmer von $3\frac{1}{2}$ m Breite in der Mitte der einen Längswand eintrat und es in der gegenüberliegenden Wand durch eine Fangdüse verließ, konnten die Versuchskörper in solcher Weise angebracht werden, daß durch die Anzeige von Wegen die Druckresultante nach Lage, Richtung und Größe gemessen werden konnte.

Die Versuche haben viel dazu beigetragen, den französischen Flugmaschinenkonstrukteuren die nötigen Erfahrungszahlen zu liefern. Die Ergebnisse sind, da sie sich nicht algebraisch formulieren lassen, durch Kurven mitgeteilt.

Der Vortrag nahm Bezug auf eine größere Zahl von Tafelzeichnungen, auf deren Wiedergabe hier verzichtet werden muß.

747. Sitzung am 21. Juni 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 23 Mitglieder.

Herr Prof. Dr. Bredig hielt einen Vortrag über: „Die Herstellung von optisch-aktiven Stoffen durch Fermente und andere Katalysatoren"; er ist unter den Abhandlungen dieses Bandes zum Abdruck gebracht.

748. Sitzung am 5. Juli 1912.

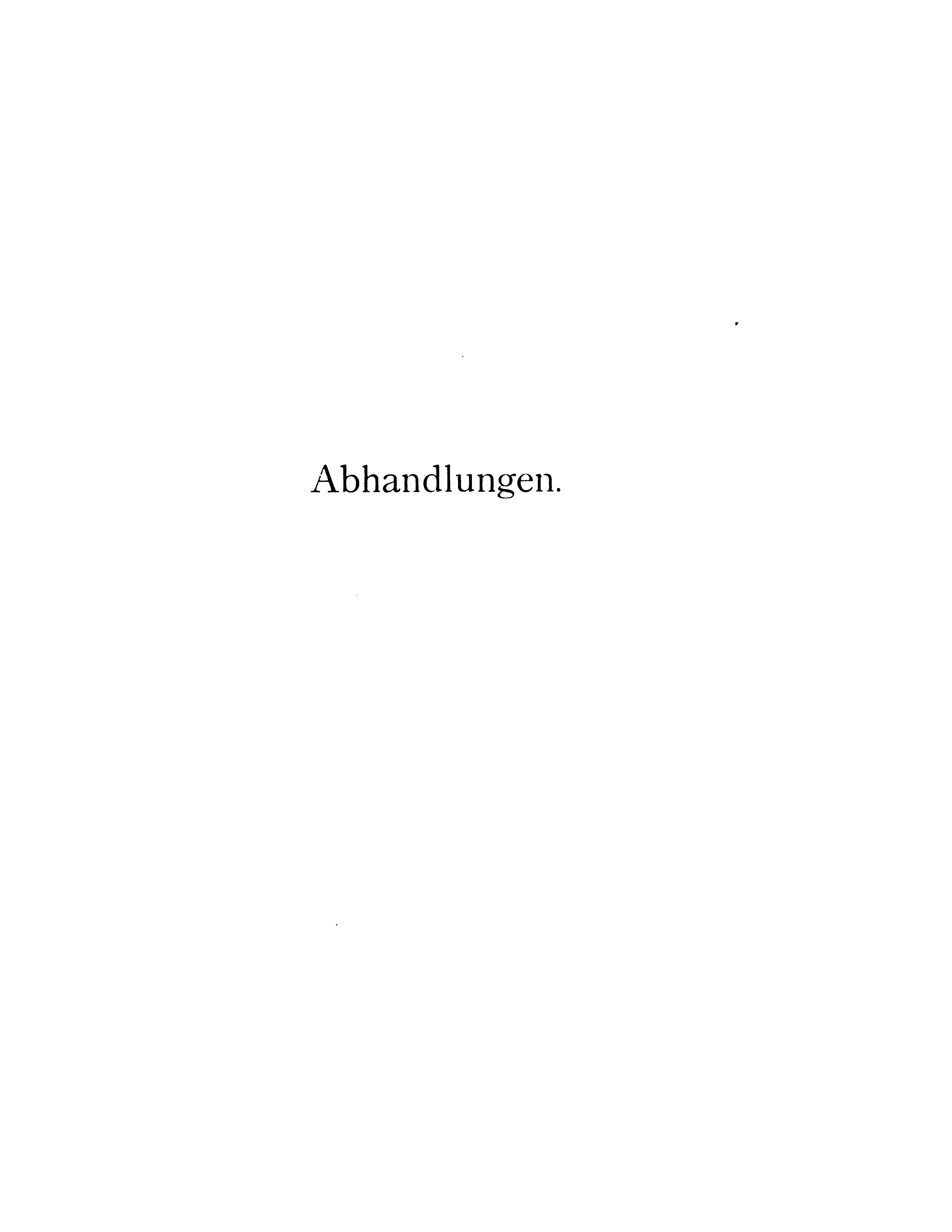
Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 61 Mitglieder.

Der Schriftführer gab den Bericht über die Tätigkeit des Vereins im abgelaufenen Vereinsjahr und der Rechner den Kassenbericht, der im Vorwort zum Abdruck gebracht ist. Dem Rechner wurde Entlastung erteilt.

Es wurde darauf beschlossen, daß 1. die Mitglieder-Hauptversammlung künftig jeweils am Ende des Mai stattfinden solle und daß 2. von größeren Arbeiten, besonders von solchen, die Tafeln enthalten, nicht mehr 30 Sonderabdrucke gewährt werden sollen.

Herr Prof. Dr. Staudinger hielt darauf einen Vortrag über: „Den künstlichen Kautschuk".



Abhandlungen.

Kameruner Säugetiere des Grossh. Naturalienkabinetts zu Karlsruhe.

I. Teil.

Von **Dr. M. Auerbach.**

Die Säugetiere, die meinen heutigen Betrachtungen zugrunde liegen, sind mit einer Ausnahme alle Eigentum der Sammlungen des Großh. Naturalienkabinetts zu Karlsruhe. Sie wurden zum weitaus größten Teile von Professor Dr. K. Haberer gesammelt und unserem Museum geschenkt. Die Erbeutungsorte sind zumeist: die Umgebung von Jaunde und Molundu in Südkamerun, daneben stammen noch einige Stücke vom Sanaga (Balinga). Eine sehr interessante Ergänzung der Habererschen Schenkung bieten einige wenige Exemplare, die von Herrn F. Knauß, Durlach auf der Sogemafarm am Djahfluß ganz im Süden unseres Schutzgebietes nahe der alten Grenze von französisch Kongo erlegt wurden. Das interessanteste und wertvollste Stück dieser kleinen Kollektion, ein ganz gewaltiger männlicher Gorilla, gehört leider nicht uns, soll aber hier doch mit geschildert werden, da er unsere Kenntnisse über das Vorkommen dieser großen Menschenaffen in unseren Kolonien in etwas erweitert und ergänzt.

Die Schilderung der einzelnen Exemplare erfolgt in systematischer Reihenfolge. Die benutzte Literatur und sonstige Angaben finden sich jeweils bei den betreffenden Spezies.

1. **Simia satyrus** L. Schimpanse.

(Anthropopithecus troglodytes L.)

(In bezug auf Synonyma etc. s. W. Rothschild: Notes on Anthropoid Apes P. Z. S. London 1904 vol. II. p. 413—440. Weitere Literatur: E. de Pousargues Étude sur les Mammifères du Congo Français. Ann. des Sc. Nat. Zoologie. T. III. 1886. p. 137—141, P. Matschie: Einige Bemerkungen über die in Berlin aufbewahrten Exemplare von Anthropopithecus, Sitzungsbericht d. Ges. Naturf. Freunde, Berlin 1900. p. 77—85 und: Einige Bemerkungen über die Schimpansen, ebenda. 1904. p. 55—69.)

Wir besitzen von dieser Spezies sieben Exemplare aus Kamerun, alle in der Umgebung von Jaunde und Molundu von Haberer gesammelt. In der Sammlung aufgestellt sind: ein junges ♀ (Mam. 1179) und ein ausgewachsenes ♀ mit Säugling (Mam. 1198 und 1199), die nicht montierten Exemplare haben die Nummern: ♂ ad B. Mam. Prim. 52; ♂ semiad. B. Mam. Prim. 53: ♂ juv. B. Mam. Prim. 24: ♀ ad. B. Mam. Prim. 54.

Leider ist nur von einem erwachsenen ♀ der Schädel (Fig. 1) mit Skelett vorhanden; aus seinen und den Merkmalen der Haut (Armlänge; Maße der Ohren) geht aber hervor, daß es sich um die typische Form *Simia satyrus* L. handelt, die schon verschiedentlich aus der Umgegend von Jaunde erbeutet wurde.

Die Färbung der einzelnen Felle variiert sehr Die Jungen sind ganz schwarzbraun mit weißlicher Analgegend, ebenso ist ein altes Weibchen gefärbt. Ein ♂ ist ganz schwarzbraun; das andere zeigt gelblich graubrauen Unterrücken; das aufgestellte alte ♀ ist dunkelbraun mit sehr viel gelbgrau beigemischt; der Unterrücken ist gelblich grau; die Vorder-, Inner- und Außenseite der Unterschenkel ist schmutzig gelblichgrau.

Bei allen älteren Exemplaren ist das Kinn weißlich und der Vorderkopf etwas kahl.

2. **Gorilla gorilla matschiei** Rothsch.

(Vergl. Rothschild: l. c. und: P. Z. S. London. 1906. vol. 2 p. 465; Matschie, P.: Sitzungsbericht der Ges. Naturf. Freunde, Berlin. 1905 p. 279—283.)

Das halberwachsene Männchen (Mamm. 1197) wurde von Haberer bei Jaunde erbeutet. Da auch bei ihm der Schädel nicht vorhanden ist, kann die sichere Bestimmung, die bei den geographischen Subspezies des Gorilla ja hauptsächlich nach den Schädeleigentümlichkeiten vorgenommen werden muß, nicht garantiert werden. Nach der Herkunft des Exemplares gehen wir aber wohl nicht fehl, wenn wir seine Zugehörigkeit zur obigen Subspezies annehmen.

Ich gebe beifolgend noch eine kurze Schilderung der Färbung unseres jungen Stückes: Oberkopf und Nacken schwarzbraun, nach hinten allmählich in das dunkle Braun-Aschgrau des Rückens übergehend. Das Grau des Rückens wird nach dem Becken zu allmählich etwas heller: auf den Trochanteren ist es am hellsten.

Mittellinie des Rückens undeutlich dunkler, sich auf dem Sacrum verbreiternd. Backen, Hals, Schultern, Arme, Brust, Bauch und Beine sehr dunkel, fast schwarz. An den Beinen beginnt das Schwarz vorne am Leistenband, hinten in der Gesäßgegend; die Außenseite der Oberschenkel (Trochanterengegend) ist dunkel aschgrau wie der Rücken und hängt mit dessen Färbung zusammen; die graue Färbung der Seiten des Oberschenkels verliert sich nach unten zu allmählich in der dunklen Beinfärbung.

3. **Gorilla gorilla schwarzi** Matschie.

(Vergl. Matschie: l. c. 1905 und Rothschild l. c. 1906.) Die Bestimmung wurde durch briefliche Mitteilungen von Herrn Prof. Matschie ermöglicht. Die Schilderung der neuen Subspezies ist zurzeit noch im Druck. Die folgenden Zeilen dürften demnach eine willkommene Ergänzung geben.

Dieses riesige männliche Exemplar ist leider nicht in unserem Besitze, sondern gehört dem Erleger, Herrn F. Knauß, Durlach, der es verkaufen will. Das Exemplar wurde im südlichen Kamerun, in der Umgebung der Sogemafarm am Djahflusse erlegt; zu der sehr gut dermoplastisch aufgestellten Haut ist das tadellos montierte Skelett vorhanden, so daß eine richtige Bestimmung möglich war.

Ich gebe im folgenden eine Beschreibung der Haut und des Skeletts, ohne die betr. Angaben Matschies, die sich noch unter der Presse befinden, im einzelnen zu kennen. Nach freundlichen brieflichen Mitteilungen des Autors scheint es sich bei unserem Stücke aber um die gleiche Subspezies zu handeln, wie sie von Matschie als *Gorilla schwarzi* beschrieben wird.

Oberkopf, Wangen und Halsseiten sind schwarzbraun und gelblichweiß gesprenkelt; Kinn dunkler. Rücken, Weichen und Außenseite der Oberschenkel bis zum Knie ziemlich hellgrau (schwarzbraun und weißlichgelb gesprenkelt, aber die helle Farbe vorherrschend); die helle Färbung der Außenseite des Oberschenkels setzt sich auf die Außenseite des Unterschenkels fort, nach unten zu allmählich dunkler werdend. Schultern und Arme viel dunkler, auch wie der Rücken gesprenkelt, aber das Dunkelbraun vorherrschend. Vorder-, Innen- und Rückseite der Beine ähnlich wie die Arme, nur etwas heller. Füße und Hände einfarbig schwarzbraun. Bauch dunkler wie der Rücken.

Die Sprenkelung des Felles ist durch die Färbung der einzelnen Haare bedingt. Diese sind an der Schulter (und den übrigen dunkleren Partien) in der distalen Hälfte ganz schwarzbraun, an der Basis gelblichweiß, in der proximalen Hälfte sonst schwarzbraun mit 3 bis 4 mehr oder weniger breiten gelblichweißen Ringen. Die Haare der helleren Körperteile (Außenseite der Oberschenkel etc.) jedoch sind im ganzen weißlichgelb mit 2 bis 3 schwarzbraunen Ringen an der distalen Hälfte. Die Spitze ist weißlich.

Die Haare des alten Individuums sind an den Armen sehr ang; am Rücken und an den Flanken sind sie schon während des Lebens stark abgescheuert worden, so daß hier die nackte Haut stark durchscheint.

Ein Vergleich der Schädelmaße des vorliegenden Exemplars mit den von Matschie für *Gorilla g. jacobi* Matschie gegebenen Zahlen dürfte von Interesse sein. (In ( ) sind einige Maße von *G. g. matschiei* Rothsch zum Vergleich beigefügt.)

(Fig. 2 u. 3).	Matschie.	Auerbach.
	G. g. jacobi	*G. g. schwarzi*
Größte Breite des Schädels hinten am *Proc. mastoideus*	182 mm (170 oder 177?)	177 mm
Entfernung der *Incis. intercondyloidea* von d. *Protub. occip. externa*	143 mm	137
Verhältnis dieser Entfernungen zu einander	0,78 »	0,774 mm
Das *Planum nuchale* ist breiter als hoch	39 »	40 mm
Entfernung vom Vorderrand d. *Arcus superciliaris* vom vord. Rand des Intermaxillare . .	138 » (160)	137
Gesichtsbreite über den Alveolen der Eckzähne	78 (90)	79
Entfernung zwischen den Außenrändern der Alveolen für die äußeren Incisiven	0,44	0,45

(Fig. 2 u. 3).	Matschie.		Auerbach.
	G. g. jacobi		*G. g. schwarzi*
Länge der oberen Molarenreihe	64 mm		65—66 mm
Größte äußere Entfernung der letzten ob. Molaren a. d. Alveole gemessen	70	(67)	70 mm
Größte äußere Entfernung der ersten ob. Praemolaren	76,5		77
Größte Gesichtsbreite i. d. Höhe des oberen Augenrandes	154	(145)	157
Größte Gesichtsbreite am Jochbogenwinkel	176		177
Größte Jochbogenbreite	196		196
Größte Schädellänge vom Gnathion zur Protub. occip. externa	335		308
Größte Länge des knöchernen Gaumens	125		125
Alveolarbreite des 2 ten ob. Molar	17		17
Alveolarlänge des 2 ten ob. Molar	14		14

In der folgenden kleinen Liste gebe ich noch einige Skelettmaße, die über die Proportionen des Affen einigen Aufschluß geben. Die Zahlen sind nicht absolut genau, denn sie konnten nur am schon fertig montierten Skelett genommen werden. Immerhin sind sie genau genug, um die Verhältnisse der einzelnen Körperabschnitte untereinander beurteilen zu können.

Clavicula: Größte Länge	etwa	17,1 cm
Sternum: Gesamtlänge in der Mitte	»	20,7 »
Manubrium sterni, Länge in der Mitte	»	7,3 »
» » , Breite in der Mitte	»	8,8 »
Scapula, Länge des inneren Randes vom *Angulus sup.* bis *Ang. inf.*	»	26,6 »
» Größte quere Breite	»	19,6 »
Humerus: Größte Länge	»	47,6 »
Ulna: Größte Länge	»	39,1 »
Radius: Größte Länge	»	36,9 »
Hand: vom Gelenkspalt zur Spitze des Mittelfingers	»	27,3 »

Becken: Größte Höhe vom Scheitel der *Crista* zur tiefsten Spitze d. *Tuber. ischii*	etwa	39,7 cm
Abstand d. *Spina ant. sup.* von der *Spina post. sup.*	»	24,0 »
Entfernung der *Spinae ant. sup.* von einander	»	42,3 »
Entfernung der *Spinae post. sup.* von einander	»	9,1 »
Größter Abstand der Außenseiten der *Tubera ischii* von einander	»	21,5 »
Femur: Größte Länge	»	39,8 »
Unterschenkel: Größte Länge	»	31,5 »
Fuß: Größte Länge	»	29,7 »

Alle diese Maße sind mit dem Greifzirkel genommen; alle Extremitätenmaße beziehen sich auf die rechte Körperseite.

Die folgenden Zahlen sind mit dem Bandmaß gewonnen:

Länge der Wirbelsäule, im Bogen an der Basis der Dornfortsätze gemessen	etwa	84,0 cm
Länge der ersten Rippe (von der Basis des *Tuberculum* an)	»	13,0 »
Länge der achten Rippe (ganze Länge)	»	41,5 »
Länge der dreizehnten Rippe (ganze Länge)	»	23,0 »

4. Colobus satanas Waterh.

(Vergl. Pousargues l. c. und: Lydekker, R.: P. Z. S. London. 1905. Vol. II. p. 325.)

Unser Exemplar (B. Mam. Prim. 46) stammt von Professor Haberer aus der Umgebung von Jaunde.

5. Guereza abyssinicus occidentalis Rochebr.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 144—146 unter *Colobus guereza* Rnpp.; O. Neumann: Drei neue afrikanische Säugetiere, Sitzungsbericht Ges. Naturf. Freunde, Berlin. 1899 p. 15—22; O. Thomas: P. Z. Soc. London. 1901. Vol. II. p. 86.)

Die Exemplare des Naturalienkabinetts (altes ♀, B. Mam. Prim. 33, ♂ ad. B. Mam. Prim. 68, ♀ ad. B. Mam. Prim. 69 und 2 Pulli. B. Mam. Prim. 70 u. 71) stammen aus dem Gebiete des Djahflusses (Sogemafarm u. Molundu) und wurden uns von Herrn Knauß, Durlach, und Professor Haberer geschenkt. Die Schädel sind ebenfalls in unserem Besitz.

Unsere weiblichen Tiere stimmen in der Färbung genau mit den von Pousargues unter den Nummern (a, e) beschriebenen Stücken überein. Der Mantel ist kurz und spärlich, der Schwanz zeigt keine deutliche weiße Endquaste, sondern die weißen Haare des äußeren Viertels sind nur wenig länger als die schwarzen der Schwanzwurzel. Dadurch nun muß die Frage aufgeworfen werden, ob diese so charakterisierten Exemplare tatsächlich zu *G. a. occidentalis* zu rechnen sind. Die beiden Exemplare Pousargues sind beides alte ♂♂ gewesen und stammten vom oberen Ogowe (Exempl. a.) und vom Alima (Exempl. e.)*; andere Tiere aus der gleichen Gegend zeigen die angeführte Eigenschaft nicht; es scheinen also an gleichem Orte derartige Affen mit und ohne Schwanzquaste vorzukommen. Das beweist auch unser Männchen, welches eine schöne Schwanzquaste zeigt, die allerdings nicht so stark ist wie bei *G. a caudatus*. Thomas l. c. p. 86 beschreibt auch ein typisches ♀ von *G. a. occidentalis* mit Schwanzquaste aus dem Mpangawald (Uganda); auch hier haben wir also wieder Tiere mit Schwanzquaste wenigstens in der Nähe von solchen ohne diese Zierde. (Einerseits Mpangawald in Uganda Thomas und andererseits Kavirondo Neumann.) Sollen wir nun annehmen, daß beide Formen nur Abweichungen innerhalb der gleichen Subspezies sind, oder sollen wir die Tiere ohne Schwanzquaste von den mit einer solchen ausgezeichneten subspezifisch unterscheiden? Ist endlich, wenn wir das letztere tun, die westafrikanische Form als *G. a. matschiei* Neumann zu bezeichnen oder stellt sie eine besondere Subspezies dar? Das alles sind Fragen, die meines Erachtens in Zukunft erst entschieden werden können, aber dazu gehört ein großes Vergleichsmaterial von verschiedenen Orten West- und Zentralafrikas. Da ich ein solches nicht besitze, lasse ich die Frage lieber unentschieden.

---

* Neumanns Angabe (l. c. p. 17.): »Pousargues in seiner großen Arbeit über die Säugetiere des französischen Kongo erwähnt p. 145 mehrere Exemplare, die gleichfalls keine Schwanzquaste haben. Doch erwähnt er nicht den genauen Fundort der Exemplare. Dybowski, der eine der Reisenden, dessen Sammlungen Pousargues untersuchte, ist übrigens bis ins Tschadseegebiet gekommen, und es wäre wohl möglich, daß das Verbreitungsgebiet von *Colobus matschiei* sich bis dorthin erstreckt«, ist unrichtig. Man lese bei Pousargues l. c. p. 144 die Herkunft der betr. Exemplare nach. Stück a wurde von Brazza, e von Thollon an den genannten Örtlichkeiten gesammelt.

Was Neumanns Angaben über den Schädelbau seiner Subspezies anbetrifft, so scheinen einige derselben für unsere Exemplare zuzutreffen (Fig. 4); die Schädelkristen sind sehr deutlich ausgeprägt und an ihrer Anfangsstelle am Proc. iugalis des Frontale kann man flache Gruben erkennen; dagegen sind die Nasalia nicht so kurz, wie sie Neumann angibt, sondern 14—16 mm lang. Die Gegend der Fronto-nasal-Sutur ist quer herüber etwas wulstig aufgetrieben. Ob diese Tatsachen aber innerhalb der Neumannschen Charaktergrenze liegen, vermag ich aus Mangel an Vergleichsmaterial nicht anzugeben.

Sehr interessant in bezug auf die Färbung sind die beiden verschieden alten, jungen Männchen. Das jüngere Exemplar (B. Mam. Prim. 71) ist auf dem Oberkopf, Rücken und Schwanz fast reinweiß; letzterer zeigt etwas gelblichen Anflug und seine Haare sind eigentümlich gekräuselt; am Schwanzende sind die Haare etwas verlängert. Auf der Stirn und an den Seiten des Rückens sind dem Weiß schon einige schwarze Haare beigemischt. Halsseiten, Brust, Bauch, Arme und Beine sind ziemlich dunkel aschgrau; dabei zeigen die Beine den hellsten Ton.

Maße der Haut: Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 26.5 cm; Länge des Schwanzes ca. 28 cm.

Das etwas ältere Exemplar (B. Mam. Prim. 70) ist in der Umfärbung schon viel weiter fortgeschritten. Bei ihm sind Vorderkopf, Bauch, Arme und Beine sowie Unterseite des Schwanzes glänzend schwarz behaart; rein weiß sind die Augenbrauenbogenbinde, die Kehle, Vorderhals und Halsseiten, und die Rückenhaare, welche die Anlage des Mantels bilden; die Aftergegend unterhalb der Gesäßschwielen ist schmutzig weiß. Fast die ganze distale Schwanzhälfte besteht aus eigentümlich gewellten, an der Basis weißen, am Ende gelblichen, verlängerten Haaren, die eine deutliche Schwanzquaste bilden. Hinterkopf, Nacken, Oberrücken und Oberseite der basalen Schwanzhälfte sind aschgrau, z. T. (Schwanz und Oberrücken) mit gelblichem Anflug.

Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 31 cm; Länge des Schwanzes ca. $44^1/_2$ cm.

6. Cercopithecus cephus L.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 191 und 210 Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. 2, p. 722—725.)

Von diesen Affen besitzen wir durch die Güte Prof. Haberers eine schöne Reihe von 13 Exemplaren aus der Umgebung von Jaunde und Molundu. Unter ihnen sind alte Männchen 6 Exemplare (B. Mam. Prim. 26, 35, 55, 56, 57 und 58), junge Männchen: 2 Exemplare (B. Mam. Prim. 25 und 59); alte Weibchen: 1 Exemplar (B. Mam. Prim. 34), junge Weibchen 2 Exemplare (B. Mam. Prim. 36 und 37) und ein halberwachsenes Exemplar, dessen Geschlecht sich nicht mehr bestimmen läßt.

In bezug auf die Färbung des Schwanzes gehören unsere erwachsenen Exemplare alle ohne Ausnahme zu der Form, die Pocock speziell noch als *Cercop. c. cephus* unterscheidet, d. h. also, der Schwanz ist an seiner Basis oben so gefärbt wie der Rücken, unten an den Seiten grau, geht dann aber sehr bald allgemein in ein lebhaftes Fuchsrot über, wobei der dorsale Mittelstreif dunkler gefärbt erscheint. Alte Exemplare mit Schwänzen, die gleich gefärbt sind wie der Rücken, besitzen wir nicht.

Es mag noch bemerkt werden, daß die Haarfärbung der Rückenpartien im Ton bei den einzelnen Individuen sehr schwankt. Die erwachsenen ♂♂ B. Mam. Prim. 27, 35, 56 und 57, das halberwachsene ♂ B. Mam. Prim. 25 und das erwachsene ♀ B. Mam. Prim. 34 zeichnen sich durch einen sehr schönen roten Farbenton aus, der durch die rötliche Ringelung der Haare bedingt ist; die alten ♂♂ B. Mam. Prim. 26, 55 und 58 sind viel gelber aber doch leuchtend, während die beiden jungen Weibchen B. Mam. Prim. 36 und 37 ebenfalls mehr gelb aber matter gefärbt sind; das halberwachsene Stück B. Mam. Prim. 38 steht etwa in der Mitte zwischen den rötlichen und gelblichen Exemplaren. Der Backenbart ist am leuchtendsten bei den roten Häuten, beim gelblichen erwachsenen ♂ ist er mit relativ viel schwarz gemischt; bei den jungen ♀♀ ist er etwas matt aber doch gut ausgebildet. Bei dem ganz jungen ♂ (B. Mam. Prim. 59) ist die Färbung im ganzen noch sehr matt, der Schwanz ist auf der Oberseite von der Wurzel bis zur Spitze wie der Rücken gefärbt, die Seiten und Unterseite des basalen Drittels sind grau, die der distalen $^2/_3$ rötlich.

7. Cercopithecus nictitans L.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 198 und 207; Pocock l. c. p. 696.)

Wir besitzen von dieser Spezies zehn Exemplare aus Jaunde

und Molundu (Haberer) ♂♂ ad. B. Mam. Prim. 41 und 43; ♂ juv. B. Mam. Prim. 44 und 63; ♀ ad. B. Mam. Prim. 40, 60, 61 und 62; ♀ semiad B. Mam. Prim. 42; ♀ juv. B. Mam. Prim. 39.

Alle Exemplare entsprechen den Angaben der oben genannten Autoren, nur wäre vielleicht noch besonders zu betonen, daß das halberwachsene und das junge ♀ die von Pousargues für 2 seiner Stücke (f. und g.) charakteristischen braunrot und schwarz gesprenkelten Haare am unteren äußeren Winkel der Gesäßschwielen zeigen. Bei den erwachsenen ♀♀ B. Mam. Prim. 60, 61 und 62 ist die Gegend unterhalb der Gesäßschwielen überhaupt durch schwach braunrote Sprenkelung der Haare ausgezeichnet; sollte es sich hier nicht etwa um Verfärbung durch den Urin handeln?

8. **Cercopithecus grayi** Fraser.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 212—216 unter *C. pogonias*, Pocock l. c. p. 712—713.)

Auf die Synonymie von *C. grayi* und *C. pogonias* gehe ich hier nicht ein, ich verweise in dieser Frage auf die an obiger Stelle angegebenen Ausführungen von Pocock.

Durch die Schenkungen Haberers besitzen wir von dieser Art folgende Exemplare: ♂ ad B. Mam Prim. 45, 64 und 65; ♂♂ juv. B. Mam. Prim. 49 und 50; ♀ juv. B. Mam. Prim. 48 und 66. Alle Stücke stammen aus der Umgebung von Jaunde und Molundu.

Unser erwachsenes Männchen entspricht in seiner Färbung ungefähr der Schilderung, wie sie Pousargues für die Form *erxlebeni* gibt, d. h. der Rücken ist rötlich, die schwarze sacrolumbale Binde ist nur undeutlich vorhanden oder fehlt ganz. Auch mit Pococks Beschreibung stimmt es gut überein. Die jungen Tiere sind blasser in der Farbe; von einem rötlichen Anflug des Rückens ist noch wenig zu sehen; die schwarze sacro-lumbale Binde fehlt noch; ein deutlicher schwarzer Streifen findet sich nur auf der Oberseite des Schwanzes.

9. **Cercopithecus neglectus** Schleg.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 216 unter *C. brazzae* A. M. Edw. u. Pocock l. c. p. 684—687.)

Unser Exemplar, ein altes Weibchen (B. Mam. Prim. 67)

von Haberer bei Molundu gesammelt, entspricht genau den von obigen Autoren gegebenen Beschreibungen. Das rote Diadem zeigt, wie das Pousargues erwähnt, Haare mit weißen Spitzen, wodurch das leuchtende Rot sehr abgedämpft wird. Wenn wir die Färbung der Hinterbeine berücksichtigen, so müssen wir unser Weibchen zu der Pocockschen Subspezies *brazziformis* stellen, denn die Außenseite des Schenkels ist nicht viel dunkler als die Gegend oberhalb des weißen Streifens und kontrastiert scharf vom Schwarz des Fußes; am Knie findet sich eine kleine schwärzliche Zone.

10. **Cercocebus agilis** A. M. Edw.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 229—232.)

Unser von Haberer in der Umgebung von Jaunde erbeutetes ausgewachsenes ♂ (B. Mam. Prim. 51) entspricht in allen Teilen genau der Beschreibung, wie sie Pousargues (l. c.) in seinem großen Werke gibt; es ist daher überflüssig, noch näher auf die Beschreibung unseres Exemplares einzugehen.

11. **Cercocebus albigena** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 228—229; Matschie, P.: Die Säugetiere Deutsch-Ostafrikas, 1895. p. 6.)

Auch bei dieser Art können wir uns kurz fassen; die von Haberer bei Jaunde und Molundu gesammelten Häute, 2 ♂♂ ad (B. Mam. Prim. 72 u. 73) und eine (B. Mam. Prim. 47), deren Geschlecht leider nicht mehr festzustellen ist, entsprechen genau der Beschreibung, die Matschie in dem oben zitierten Werke gibt.

12. **Galago elegantulus pallidus** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 241 und: Nouv. Arch. du Mus. d'Hist. Nat. 3ème Série. Bd. 6 1894 p. 141; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 14 und: Mitt. Geogr. Ges. u. des Naturhist. Mus. Lübeck. 1894. II. Ser. H. 7 u. 8. p. 131 als *G. apicalis* Du Chaillu.)

Unser Pärchen (♂ B. Mam. Pros. 4; ♀ B. Mam. Pros. 5) aus Jaunde und Molundu zählt zu der Subspezies *pallidus* Gray, weil beide Tiere keine weiße Schwanzspitze haben. Die Farbenverteilung ist so, wie sie von den oben zitierten Autoren an-

gegeben wird, jedoch scheint mir der Farbton etwas anders zu sein. Der Nasenstreif ist nicht rein weiß sondern graulich. Die Augen sind beim ♀ von einem schmalen braunschwarzen Saum eingefaßt, der beim ♂ nur undeutlich ist. Die Rückenfärbung ist beim ♀ intensiver wie beim ♂; sie ist nicht rot (Pousargues) oder braun (Matschie), sondern gelblich braun mit undeutlichem dunkleren Rückenstreif. Schwanz beim ♂ fast einfarbig wie der Rücken, beim ♀ mit etwas mehr Grau gemischt. Das Grau der Unterseite ist nicht rein (Pousargues) oder rötlich (Matschie), sondern unregelmäßig fleckig mit Gelb verwaschen. Die hervorstechenden weißgrauen (fast weißen) Streifen oder Flecken, die Pousargues an der Achselhöhle und Schamfalte beschreibt, sind bei beiden Exemplaren sehr deutlich, aber nicht weißgrau, sondern ausgesprochen gelblich.

Die Fingernägel sind zugespitzt und zeigen einen deutlichen Kiel.

Zwei weitere Exemplare aus der gleichen Gegend, die mit verglichen werden konnten, haben genau dieselbe Färbung wie unsere Häute.

13. **Xantharpyia straminea** E. Geoff.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 256; 257; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 17.)

Unser ♂ aus Molundu (B. Mam Chir. 10) stimmt mit den Beschreibungen obiger Autoren ziemlich gut überein. Dem Braungrau des Rückens ist ziemlich viel Gelb beigemischt. Das Halsband ist undeutlich, ebenso der von Pousargues erwähnte gelbliche Streifen, der die Verbindungslinie der Flughaut mit dem Körper in der Lendengegend andeutet.

14. **Mellivora leuconota** Sclater?

(*M. isabellina* Auerb.)

(Vergl. Auerbach, M.: Zool. Anz. Bd. 39. 1912. p. 318—319.)

Ich brauche auf diese Spezies, deren Vertreter unserer Sammlung von Herrn Knauß auf der Sogemafarm am Djahflusse erlegt wurde, hier nicht nochmals näher einzugehen, sondern kann auf das verweisen, was ich in meiner oben zitierten Arbeit dargestellt habe.

—

15. **Lutra capensis** Schinz.

(Vergl. Matschie, P.: Die Säuget. D.O.Afr. p. 86 unter *L. inunguis* F. Cuv., O. Thomas: P. Z. S. London. 1902. Vol. II. p. 309 und Noack, Th.; Zool. Jahrb. Bd. 4. 1889. p. 168.)

Das von Haberer gesammelte alte Männchen (B. Mam. Rapt. 93) stammt aus Molundu; zu der Haut ist der Schädel vorhanden. (Cran. Mam. 1350).

Oberseite und Schwanz dunkel kastanienbraun. Schnauze, Wangen, Kinn, Kehle, Halsseiten und Ohrspitzen weiß. Nacken, Oberkopf bis zur Stirne und Vorderrücken mit schneeweißen Haarspitzen. Zwischen Auge und Schnauze jederseits ein dunkelbrauner Fleck.

Unser Exemplar ist ein sehr altes Tier, bei dem anscheinend die weißliche Färbung von Nacken und Kopf sehr weit vorgeschritten ist, so daß der Zusammenhang der braunen Oberkieferflecken mit der dunklen Kopfzeichnung nur noch undeutlich ist.

Die Unterwolle ist im Gegensatze zu *L. c.* ***menelecki*** O. Thom. hellbraun, während sie dort silberweiß ist. (Vergl. O. Thomas l. c.)

16. **Viverra civetta** Schreb.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 285.)

Wir besitzen von dieser Spezies aus Kamerun zwei erwachsene Weibchen (B. Mam. Rapt. 76 und 88) und drei Junge (B. Mam. Rapt. 82, 86 u. 87), deren Geschlecht leider nicht mit Sicherheit festzustellen ist. Die Herkunft ist Jaunde und Molundu; die Tiere sind von Haberer gesammelt.

Es handelt sich bei all diesen Exemplaren anscheinend um die gewöhnliche Form, denn das Charakteristikum von *V.* ***poortmanni*** Puch., welches Pousargues (l. c.) erwähnt: »La large bande noire qui enveloppe le dessous et les côtés du museau se trouve donc coupée et interrompue le long de la ligne médiane supérieure (durch eine hellgraue Linie Auerbach), ce qui répond au caractère exprimé dans la courte diagnose de Pucheran: »vitta oculari nasum non transeunte«, findet sich bei diesen Exemplaren nicht.

Die verschieden alten Jungen zeigen auch etwas verschiedenen Grad in der Ausbildung der Färbung. Zwei ganz kleine Tiere

(B. Mam. Rapt. 82 und 86), die mit Schwanz etwa 30 cm lang sind, haben nur auf dem Hinterkörper und an der Basis des Schwanzes eine schwache Andeutung der späteren Zeichnung. Der Vorderkörper ist ziemlich einfarbig schwarzbraun; die Anlage des hellen Halsbandes ist vorhanden, die Oberlippe trägt links und rechts den typischen weißen Flecken.

Bei einem etwas älteren Stück (B. Mam. Rapt. 87), das mit Schwanz ca. 43 cm mißt, ist der Hinterkörper schon sehr deutlich gezeichnet; auf dem dunkleren Vorderkörper ist die Zeichnung wenigstens angedeutet. Stirn, Backen und Halsband sind ziemlich hellgrau, Oberlippenfleck weiß.

17. **Viverra poortmanni** Puch.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 285 und Noack, Th.: Zool. Jahrb. Bd. 4. 1889 p. 169).

Es liegt nur ein von Haberer bei Jaunde gesammeltes junges Weibchen (B. Mam. Rapt. 81) vor, das mit Schwanz etwa 45 cm mißt.

Von dem gleichaltrigen unter Nr. 16 beschriebenen Exemplar von *V. civetta* unterscheidet es sich durch den ganz hellen Vorderkörper; überhaupt ist das ganze Fell viel heller, mehr grau. Das Halsband ist schon deutlich und dunkel umsäumt; auch die Rücken- und Schwanzzeichnung ist schon vorhanden; Vorder- und Hinterbeine sind grauschwarz. In der Mitte des Vorderkopfes, zwischen den Augen, von der Stirne bis fast zur Schnauze ein fast weißer Streifen, der oben allmählich in das gesprenkelte Hellgrau des Oberkopfes übergeht. (Vergl. die Zitate oben bei *V. civetta*); die Unterseite ist ziemlich hell, gelblichgrau mit braunschwarz gemischt.

Wir erwähnten eben die Unterschiede dieses Tieres von der gleichaltrigen *V. civetta*; fast genau die gleichen Unterschiede bestehen nun aber auch, mit Ausnahme des hellen Nasenstriches, zwischen unserem und dem von Pousargues (l. c.) als *V. poortmanni* beschriebenen Exemplar aus Brazzaville. Jenes Stück scheint etwas älter gewesen zu sein, ist aber viel dunkler und zeigt auffallenderweise noch keine deutliche Fleckenzeichnung, die doch bei unserem Weibchen schon so gut ausgeprägt ist. Diese Unterschiede mögen jedoch individueller Natur sein.

Eine andere Frage ist es jedoch, ob nun *V. poortmanni* Puch. eine besondere Art ist, oder ob sie nicht häufig vorkommende individuelle Veränderungen von *V. civetta* darstellt, wie das Noack annimmt. Die Tatsache, daß unser Stück aus der gleichen Gegend stammt, aus der wir auch *V. civetta* erhielten und zwar auch zur gleichen Jahreszeit, scheint mir fast zugunsten der letzteren Annahme zu sprechen. Jedenfalls sollte in Zukunft mehr auf diese Frage geachtet werden.

Aus der Sammlung Haberers geht aber unter allen Umständen hervor, daß die als *V. poortmanni* Puch. bezeichnete Form auch bedeutend weiter nördlich (Jaunde) vorkommt, als bisher angenommen wurde (Gabon, Kongo).

18. Genetta servalina Puch.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 293 u. ff.; Matschie, P.: Die Säuget. D.O.Afr. p. 74 u. 75, und Verhandlungen d. 5. Internat. Zool. Kongr. Berlin 1901 p. 1141.)

Das einzige Fell (B. Mam. Rapt. 83), dessen Geschlecht sich leider nicht mehr feststellen läßt, stammt von Jaunde (Haberer).

Mit den Beschreibungen der beiden ersten oben zitierten Arbeiten stimmt unser Exemplar sehr gut überein. Wenn Pousargues (l. c.) sagt, daß man vergeblich versuchen würde, die Flecken der Körperseiten in parallelen Längsstreifen angeordnet zu finden, so ist das richtig; die Anordnung ist eine andere, aber doch geregelte. Die Reihen laufen in der vorderen Körperpartie von der Rückenmittellinie in sanftem Bogen nach abwärts über das Schulterblatt nach dem Oberarm und der Achselhöhle hin; die Fleckenreihen der Bauchseiten laufen zunächst eine kurze Strecke parallel der Mittellinie und biegen dann auf dem Oberschenkel ab. Die hintersten Reihen vor der Schwanzwurzel ziehen fast quer. Die Flecken sind einförmig dunkel schwarzbraun; die Grundfarbe des Körpers ist braungelb; die hellen Schwanzringe (11) sind gelblich weiß; auf dem Schwanzrücken sind sie durch dunkle Färbung der Haarspitzen in einer verwaschenen Linie undeutlich unterbrochen.

Bei Bestimmung nach den Angaben Matschies in den Verhandlungen d. 5. Internat. Zoolog. Kongr. ergeben sich Schwierigkeiten. Teilweise stimmen die dortigen Angaben für *G. servalina* (Flecke in 7 Fleckenreihen) teilweise aber auch für

G. aubryana (Schwanzspitze hell); mit der Angabe der Zahl der Flecke in den oberen Reihen der Körperseite ist wenig anzufangen, da es sehr schwierig ist, herauszubringen, bei welchem Fleck man anfangen soll zu zählen, und wo aufzuhören ist. Ich glaube, daß Pousargues im Recht ist, wenn er die beiden Arten als identisch betrachtet.

19. **Genetta pardina** Js. Geoffr.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 290 u. ff. unter *G. genettoides* Temm.; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 73, 74, und Verhandlungen d. Internat. Zool. Kongr. Berlin 1901, p. 1142.)

Unser Exemplar, ein altes Weibchen (B. Mam. Rapt. 89), ist von Haberer bei Molundu gesammelt worden. Die Färbung stimmt mit den Angaben der obigen Autoren sehr gut überein. Auf den Vorderpfoten ist ein kleiner schwarzer Fleck vorhanden; mit Ausnahme dieses Fleckens und der dunklen Binde auf den Hinterschenkeln sind Arme und Beine hell gelblich grau.

Wenn Trouessart in seinem Catalogus mammalium Suppl. 1904, p. 251 die *G. genettoides* Pousargues mit *G. dubia* Matschie identifiziert, so ist das unrichtig; jene Form entspricht vielmehr in allen Punkten der *G. pardina* Js. Geoffr., eine Tatsache, die Pousargues selbst schon vermutet hat.

In bezug auf die Synonymie einiger Genetten vergl. auch R. J. Pocock: P. Z. S. London 1907, Vol. II, p. 1039 u. 1041.

20. **Poiana richardsoni** Thomps.

(Vergl. Pocock. l. c. p. 1043—1045.)

Unser männliches Exemplar (B. Mam. Rapt. 55), zu dem der Schädel (Cran. Mam. 1355) und das übrige Skelett vorhanden sind, stammt aus Jaunde (Haberer).

Wenn wir das Stück mit den von Pocock (l. c.) gegebenen Subspezies (*P. r. ochracea, P. r. richardsoni* und *P. r. leightoni* vergleichen, so kommen wir zu dem Schluß, daß es zu der ursprünglichen Art *P. r. richardsoni* gehört.

Die Grundfarbe ist auf dem Rücken braungelb und wird nach den Seiten zu allmählich heller. Bauch und Innenseite der Extremitäten crêmefarbig. Auf dem Nacken und Halsrücken,

vorne zwischen den Ohren beginnend, 4 ziemlich dicht stehende schwarze Streifen, die vor den Schulterblättern endigen. Mittelstreif des Rückes undeutlich. Flecken auf dem Körper schwarz, verschieden groß, nicht in deutlichen Längsreihen angeordnet. Auf der Vorderseite der Vorderbeine finden sich einige kleine schwarze Flecke, einige etwas größere auf dem Ober- und Unterschenkel. Außenseite der Ohren grauschwarz. Schnurrhaare an der Basis schwarzbraun, die meisten nach außen hin weiß.

Schwanz schön rötlichgelb, unten etwas heller, mit 13 schwarzen Querringen und schwarzer Spitze; die Querringe sind dorsal etwas breiter wie ventral. In der Mitte der hellen Zwischenräume sind hie und da sekundäre Ringe verwaschen angedeutet.

Unterwolle am ganzen Körper mit Ausnahme der hellsten Stellen am Bauche und des Schwanzes schiefergrau.

Maße: Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 35 cm, Schwanzlänge ca. 37 cm.

21. **Nandinia binotata** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. 282—285; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 75.)

Wir besitzen von dieser Spezies ein erwachsenes Tier (B. Mam. Rapt. 65), dessen Geschlecht nicht zu bestimmen ist, und ein halberwachsenes Weibchen (B. Mam. Rapt. 90), beide aus Molundu (Haberer).

Beide Häute bieten in bezug auf Färbung und Zeichnung nichts besonderes, so daß wir von einer Schilderung wohl absehen können.

Das gleiche gilt von der folgenden Spezies:

22. **Herpestes galera** Erxl.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 299—302, u. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 77, 78), von der wir sieben Exemplare in verschiedenen Altersstufen aus Jaunde und Molundu besitzen. (Haberer.)

23. **Felis pardus leopardus** Schreber.

(Vergl. Pocock: P. Z. S. London, 1907. Vol. II. p. 675.)

Unser Weibchen (B. Mam. Rapt. 96) wurde von Haberer bei Molundu erbeutet.

Ob das Exemplar tatsächlich zu obiger Subspezies gehört, wage ich ohne das nötige Vergleichsmaterial nicht zu entscheiden. Von unseren abessinischen Leoparden unterscheidet sich die Haut sofort durch die viel dunklere, mehr gelbgraue Grundfarbe und den ganz dunklen, sehr enge gefleckten Schwanz, der auf der Oberseite fast schwarz erscheint; so dicht stehen die Flecke. Grundfarbe der Unterseite von Körper und Schwanz und Innenseite der Beine rein weiß.

24. Felis aurata aurata Temm.

(Vergl. Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. II. p. 656—662 u. 1038, 1039; siehe dortselbst auch wegen der Synonymie u. weiteren Literatur; u. Pousargues l. c. p. 322—323 unter *F. chrysothrix* Temm.)

Unser Museum besitzt von dieser interessanten Spezies vier Häute und drei Schädel aus Jaunde und Molundu (Haberer) und einen Schädel von der Sogemafarm (Djahfluß). Das Geschlecht kann leider nur noch bei zwei Exemplaren festgestellt werden: das eine ist ein Männchen von braunem Typus (B. Mam. Rapt. 95), das andere ein Weibchen von rotem Typus (B. Mam. Rapt. 94); von den beiden anderen Fellen ist B. Mam. Rapt. 60 vom roten, B. Mam. Rapt. 61 vom braunen Typus. Alle vier Stücke sind erst etwa zu 3/4 ausgewachsen; dagegen konnte ich noch ein ganz erwachsenes Tier vom braunen Typ mit untersuchen, das Herr Knauß auf der Sogemafarm am Djahfluß erlegt hatte. (Vergl. meine Notiz im Zool. Anz. Bd. 39. 1912. p. 319.) Unter den vorhandenen Schädeln (Cran. Mam. 1345, 1347, 1348 u. 1349) befindet sich ein Oberschädel (Cran. Mam. 1349) der von einem sehr alten Tier stammen muß.

Es mag gleich einleitend hervorgehoben werden, daß ich an Hand der fünf mir zur Verfügung stehenden Häute und der vier Schädel alle Angaben Pococks (l. c.) nur vollkommen bestätigen kann. Von einer eingehenden Schilderung der Häute darf ich wohl absehen, da sie mit Pococks und Pousargues Schilderung sehr gut übereinstimmen. Es mag daher nur Pococks kurze Diagnose der beiden Subspezies hier Platz finden:

a. *Felis aurata celidogaster.*

Primitive Form; red or grey in Colour, but spotted or striped on the crown of the head, the neck, and the

median area of the back; the spots on the sides of the body distinct, of comparatively large size and comparatively few in number. Tail distinctly or indistinctly banded. — Sierra Leone, Liberia, Ashanti, Cape Coast Castle, Accra.

b. *Felis aurata aurata.*

Derivative Form; red or grey in colour, with the pattern evanescent on the head, neck, and dorsal area of the body, but generally retained on the sides as small, numerous, close-set spots; tail not or only undistinctly banded. — Sierra Leone, Mandingo Country, ? Liberia, »Hinterland von Bismarckburg«, Cameroons, Benito River; and the French Congo eastwards to the Ituri forest.

Alle unsere Felle gehören der schwach gefleckten Subspezies *F. a. aurata* an. Daß unter ihnen die roten und braunen Typen vertreten sind, haben wir schon bei der Aufzählung der Häute gesehen. Größenunterschiede dieser beiden Typen sind nicht festzustellen, die uns gehörigen Exemplare sind alle von derselben Größe.

Bei allen Fellen läßt sich leicht ein Merkmal feststellen, das P. folgendermaßen beschreibt: »I have not seen it stated in any description that the hair on the upper side of the neck, from a point between the shoulders to a transverse line in front of the anterior rim of the ears and the crown of the head, *grows forwards*. This area is defined on each side by a crest, and is marked posteriorly by a single or double whorl on the shoulders. This is a most noticeable character in all the skins I have examined. It serves to distinguish the skins of *F. aurata* at a glance from those of all small or medium-sized African and Oriental species of *Felis*. It is, however, paralleled in some South-American species like *F. pardalis* and *F. tigrina,* in which its systematic value does not appear to have been thoroughly worked out.«

Auch am Schädel hat Pocock ein charakteristisches Merkmal auffinden können, das an allen unseren Schädeln ebenfalls festzustellen ist (vergl. Fig. 6 b—10); er sagt: »The second character is the shape of the mesopterygoid. fossa of the skull, which is narrow and elliptically rounded in front, and thus differs from

this fossa in all other African specis of Felis and approaches that of some of the Oriental and South-American species.«

Pococks Textfigur 175 eines Schädels stimmt mit unseren Abbildungen sehr gut überein.

Im folgenden will ich noch eine kleine Tabelle von Maßen unserer vier Schädel geben:

Felis aurata aurata Temm.	Cran. Mam. 1347	Cran. Mam. 1348	Cran. Mam. 1345	Cran. Mam. 1349
Größte Länge	11,5 cm	12,6 cm	13,4 cm	15,1 cm
Größte Breite (an den Jochbogen) .	7,6 »	7,8 »	8,5 »	9,5 »
Verhältnis von Länge und Breite .	60,8	61,9	63,4	62,9
Länge des knöchernen Gaumens . .	4,4 cm	4,7 cm	5,0 cm	5,3 cm
Abstand d. hinteren Spitzen der Reißzähne im Oberkiefer	4,2 »	4,3	4,4 »	5,0 »
Breite der *Fossa mesopterygoidea* (außen)	1,3 »	1,3 »	1,5 »	1,55
Ob. Kieferbreite über den Alveolen der Caninen	2,8 »	2,8 »	3,1 »	3,8 »
Schmalste Stelle d Gehirnkapsel oben hinter d. Orbita	2,5 »	2,85 »	2,9 »	3,2 »
Größte Breite des Hinterhauptes . .	5,0 »	5,3 »	—	5,9 »
Länge der oberen Backzahnreihe . .	2,7 »	3,0 »	3,0 »	3,2 »
Abstand d. Außenränder von P 1 (Obk.)	2,6 »	2,4 »	2,7 »	3,4 »
Länge der unteren Backzahnreihe .	2,55 »	2,7 »	3,05 »	—
Gelenkfortsatz (quer)	1,65 »	1,8 »	1,9 »	—
Größte Länge des Unterkiefers . .	7,0 »	7,8 »	8,2 »	—
Nasalia (größte Länge, tangential) .	2,95 »	3,1 »	3,2 »	3,75 »
Nasalia (größte Breite, vorne) . . .	1,6 »	1,6 »	1,7	ca. 1,95
Länge des Ok. k. v. d. Mitte d. Alveole des Canins zur äußersten Spitze des Proc. frontalis	3,8 »	4,05 »	4,15 »	4,6

25. Felis servalina Ogilby.

(Weitere Literatur, Synonymie etc. s. Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. II. p. 662—666.)

Unser Exemplar (B. Mam. Rapt. 56), dessen Geschlecht nicht mehr zu bestimmen ist, hat Haberer bei Jaunde erbeutet; zur Haut ist der Schädel vorhanden (Cran. Mam. 1263).

Die Zugehörigkeit des Tieres zur obigen Spezies steht außer Zweifel, etwas anders aber verhält sich die Frage, in welcher der bisher bekannten Subspezies es wohl untergebracht werden könnte. *F. s. poliotricha* Pocock scheidet vom Vergleich aus, denn bei ihr sind die Seiten des Körpers und der Schenkel deutlich grau, was bei unserem Stück nicht zutrifft, und auch *F. s. liposticta* Pocock kommt nicht in Betracht, weil bei ihr ein großer Teil der Körperoberseite ungefleckt ist.

So bleiben zum Vergleich noch zwei Formen übrig, *F. s. servalina* Ogilby und *F. s. pantasticta* Pocock. Bei *F. s. servalina* sind der vordere Teil der Schultern, Oberseite und Seiten des Nackens ungefleckt; hinter dieser ungefleckten Zone beginnen die Flecken nach und nach und nehmen nach hinten immer an Deutlichkeit zu. *F. s. pantasticta* zeichnet sich dadurch aus, daß Nacken und Kopf deutlich längsgestreift, und die Schultern so deutlich und eng gefleckt sind wie der Körper.

Das mir vorliegende Exemplar stimmt nun auch mit keiner dieser beiden Subspezies überein. Der Oberkopf ist ganz undeutlich gestreift, dagegen lassen sich auf dem Nacken keine Streifen finden. Die Grundfarbe des ganzen Felles ist gelblich, etwa wie bei einem jungen Gepard. Bauch und Flanken sind schmutzig gelblich weiß und grauweiß. Die Unterwolle ist graulich. Über den Rücken, vom Nacken zur Schwanzwurzel zieht ein verwaschener dunkler Streif, der durch Beimischung vieler schwarzer Haare entsteht. Die Oberseite des Halses, die Schulterblätter, der Rücken zwischen den Schulterblättern und der dunkle Rückenstreif sind sehr fein, etwas undeutlich gefleckt; die Flecken treten deutlicher hervor, jenachdem das Licht auf die Haare fällt; die Körperseiten, die Vorder- und Hinterbeine sind mit größeren Flecken versehen; diese sind besonders auf den Hinterbeinen groß. Schwanz in den basalen zwei Dritteln nicht deutlich geringelt, eher gefleckt: am letzten Drittel mit 2—3 Ringen und schwarzer Spitze. Krallen weiß.

Es bleibt nun die Frage offen, ob wir es hier mit einer für unsere Kolonie charakteristischen neuen Subspezies zu tun haben, oder ob die Unterschiede gegen *F. s. servalina* und *pantasticta* im individuellen Variationsbereich liegen. Erstere Form ist bisher bekannt von Sierra Leone, während letztere in Uganda vorkommt; die Möglichkeit, daß Südkamerun eine weitere

geographische Form beherberge, ist daher nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen. Diese Vermutung wird noch dadurch bestärkt, daß Prof. Haberer noch eine gleiche Haut aus derselben Gegend besitzt, die gleich gefärbt sein soll wie die unsere. Es widerstrebt mir aber, nach diesem kleinen Material schon eine definitive Lösung zu geben, und ich lasse daher die Frage lieber so lange offen, bis mehr Häute aus jenem Gebiete untersucht sind; sollte es sich dann zeigen, daß sie alle die gleichen oder sehr ähnliche Merkmale aufweisen wie unser Exemplar, so könnte man die Subspezies ja wegen ihrer feinen dorsalen Punktierung als *Felis servalina leptosticta* bezeichnen; als Typus der Subspezies wäre dann unser Exemplar (B. Mam. Rapt. 56) anzusehen.

Länge der Haut von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 85 cm; Länge des Schwanzes ca. 31 cm.

Einige Angaben über die Maße des Schädels mögen hier noch Platz finden (vergl. auch Fig. 5 und 6a):

Größte Länge	11,15	cm
Größte Breite am Jochbogen	7,6	»
Länge des knöchernen Gaumens	4,1	»
Breite der *Fossa mesopterygoidea* (außen)	1,5	»
Abstand d. hinteren Spitzen der Reißzähne des Obk.	4,0	»
Oberkieferbreite über den Alveolen der Caninen	3,0	»
Schmalste Stelle der Gehirnkapsel oben hint. d. Orbita	3,0	»
Größte Breite des Hinterhauptes	4,5	»
Länge der oberen Backzahnreihe	ca. 2,7	»
Länge der unteren Backzahnreihe	ca. 2,5	»
Nasalia, größte Länge (tangential)	3,0	»
Nasalia, größte Breite (vorne)	1,6	»

Ein Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden bei *F. aurat aurata* zeigt, daß im großen und ganzen der Schädel von *F. servalina* gedrungener gebaut und daß besonders die *Fossa mesopterygoidea* viel breiter ist, wie bei jener Spezies.

26. **Anomalurus erythronotus** A. M. Edw.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 330—333.)

Unser Naturalienkabinett besitzt von dieser Spezies zwei Männchen (B. Mam. Rod. 59 u. 84) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Beide stimmen mit der von Pousargues (l. c.) gegebenen Beschreibung gut überein, nur ist die kastanienbraune Färbung des Vorderrückens nicht sehr leuchtend.

27. Anomalurus beecrofti Fraser.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 333—334.)

Das Geschlecht unseres aus Molundu stammenden Exemplares (B. Mam. Rod. 85) (Haberer) ist nicht mehr zu bestimmen.

Kopf und Rücken ziemlich hellgrau mit ziemlich breiter, verwaschener gelblicher Mittelzone. Flughaut in den vorderen Abschnitten oben und unten mit fast ganz braunschwarzen Haaren, die nach hinten zu nach und nach eine gelbliche oder graue Spitze bekommen.

Unterseite des Halses schön leuchtend fuchsrot, von dem Grau der Oberseite durch eine schmale weiße Binde getrennt. Übrige Unterseite des Körpers nicht so leuchtend, mehr gelbrot. Unterwolle am ganzen Körper grau in verschiedenen Tonarten.

28. Sciurus strangeri Waterhouse.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 340—343; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 43.)

Von diesem Eichhörnchen haben wir eine Reihe von sieben Exemplaren (B. Mam. Rod. 51—54 und 78—80) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Wie schon die früheren Autoren feststellen konnten, kann man auch bei unseren Exemplaren konstatieren, daß die Färbung bei den einzelnen Individuen sehr wechselt. Bei allen unseren Exemplaren ist jedoch der Schwanz gleich gefärbt (schwarz und weiß geringelt), während die schwarz und weiß gesprenkelte Flankenlinie bei zwei Individuen (B. Mam. Rod. 78 und 79) aus Molundu undeutlich ist.

29. Sciurus annulatus Desm.

(Vergl. Pousargues l. c. 350—352.)

Diese Spezis ist in unserer Sammlung durch 5 Exemplare (B. Mam. Rod. 55, 56, 81—83) aus Jaunde und Molundu (Haberer) vertreten.

Auch bei den Angehörigen dieser Art läßt sich ein starkes Variieren in der Färbung feststellen. Hiervon ist auch der Schwanz nicht ausgeschlossen. Während er bei zwei Exemplaren im großen und ganzen schwarz und rötlichgelb geringelt ist, wobei die Spitzen der Haare fast rein weiß sind, ist das rötliche Gelb bei zwei anderen Individuen durch Weißgelb ersetzt; bei diesen vier Stücken tritt aber das Schwarz kräftig hervor, weil die schwarzen Ringe ziemlich breit sind; beim fünften Individuum ist aber die Sache umgekehrt, hier sind die hellen Ringe breiter und dadurch bekommt der Schwanz ein eigentümlich mattes gelblichgraues Aussehen. Bei allen fünf Exemplaren ist aber der Schwanz auf der Oberseite seiner Basis wie der Rücken gefärbt.

30. **Sciurus lemniscatus** Lec.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 358—360.)

Von dieser Art besitzen wir sechs Exemplare (B. Mam. Rod. 64—68, 77) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Die Färbung variiert sehr. Bei allen unseren Individuen sind die vier Rückenstreifen deutlich, die Unterseite ist schmutzig weiß. Die Variabilität liegt im Ton der Sprenkelung, bei dem einen Individuum sind auf der Oberseite die Spitzen der Haare schön gelbrot, wodurch ein satter, leuchtender Farbton entsteht, während bei anderen die Haarspitzen matt olivengelblich sind; Übergänge zwischen beiden Extremen sind vorhanden.

31. **Sciurus pyrrhopus** F. Cuv.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 360—366.)

Drei von unseren Exemplaren (B. Mam. Rod. 57, 58 und 76) aus Jaunde und Molundu sind ganz typisch gefärbt, so daß wir nicht näher auf sie einzugehen brauchen; das vierte Stück aber (B. Mam. Rod. 75) aus Molundu ist so verschieden gefärbt, daß man versucht ist, es für eine andere Spezies zu halten. Die Färbung des Schwanzes ist wie bei den übrigen Individuen; auf der Oberseite sind die Hare schwarz und weiß geringelt mit weißer Spitze, auf der Unterseite ist die Basis gelblichrot, dann folgt eine fast ebenso breite schwarze Zone und endlich eine weiße Spitze.

—

Die ganze Oberseite ist schwarz und gelblich gesprenkelt, nur die Schnauzenspitze und der Hinterrücken haben rötlichen Anflug. Vorder- und Hinterbeine sind düster mit rötlichem Anflug, die ganze Unterseite ist dunkel rostrot, diese Färbung verwäscht sich an den Seiten allmählich mit der gelblichen Sprenkelung des Rückens. Von einem hellen Seitenbande ist keine Spur vorhanden.

32. **Sciurus poensis** A. Sm.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 355—358.)

Diese Art ist durch fünf Exemplare (B. Mam. Rod. 69, 70, 72, 73, 74) aus Jaunde und Molundu (Haberer) in unserem Naturalien-Kabinett vertreten.

Alle Exemplare stimmen mit den bekannten Beschreibungen überein, so daß wir uns mit der Registrierung unserer Individuen begnügen können.

33. **Epimys rufinus** Temm.

(Vergl. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 52.)

Unsere beiden Exemplare (B. Mam. Rod. 86, 87) aus Molundu (Haberer) stimmen mit der von Matschie l. c. gegebenen Diagnose genau überein.

Das gleiche gilt von dem Exemplar von

34. **Cricetomys gambianus** Waterh.

(Vergl. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 47),

das durch ein Individuum (B. Mam. Rod. 60) aus Jaunde (Haberer) in unserer Sammlung vertreten ist.

35. **Atherura africana** Gray

braucht nur als durch ein Exemplar (B. Mam. Rod. 37) aus Jaunde (Haberer) in unserer Sammlung vertreten, hier kurz erörtert zu werden.

36. **Manis tricuspis** Raf.

(Vergl. Noack: Zool. Jahrb. Abt. f. System. Bd. 4. 1889. p. 97—100.)

Unser einziges Exemplar, ein Weibchen (B. Mam. Ed. 5), wurde von Haberer bei Jaunde gefangen.

Das Tier stimmt im großen und ganzen mit der von Noack gegebenen Beschreibung überein, jedoch sind auch einige Abweichungen zu verzeichnen. Die Schuppenreihen des Körpers treten in der Zahl von 21 auf, dagegen zeigt der Schwanz 39 Randschuppen (statt 34—37); die ununterbrochene Mittelreihe des Schwanzes besteht aus 34 Schuppen und endigt ca. 4 cm vor der Schwanzspitze. Die drei Spitzen am Ende jeder Schuppe sind am ganzen Körper deutlich; die Schuppen der Körperseiten, Extremitäten und die seitlichen Reihen auf dem Schwanz an dessen distalen 2 Dritteln sind gekielt; sonst sind alle Schuppen auch noch mit Längsrillen versehen; die Zahl derselben schwankt zwischen 15 und 29, je nach der Körpergegend.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Schädel von *Simia satyrus* L. ♀ ad. Molundu (Cran. Mam. 1346).

Fig. 2. *Gorilla gorilla schwarzi* Matschie. ♂ ad. Schädel. Sogemafarm (Djahfluß).

Fig. 3. do. Hinterhauptfläche.

Fig. 4a. *Guereza abyssinicus occidentalis* Rochebr. ♂ ad. Schädel. (Cran. Mam. 1351.) Fig. 4b. dto. ♀ (Cran. Mam. 1342.)

Fig. 5. *Felis servalina* Ogilby. (Cran. Mam. 1263.)

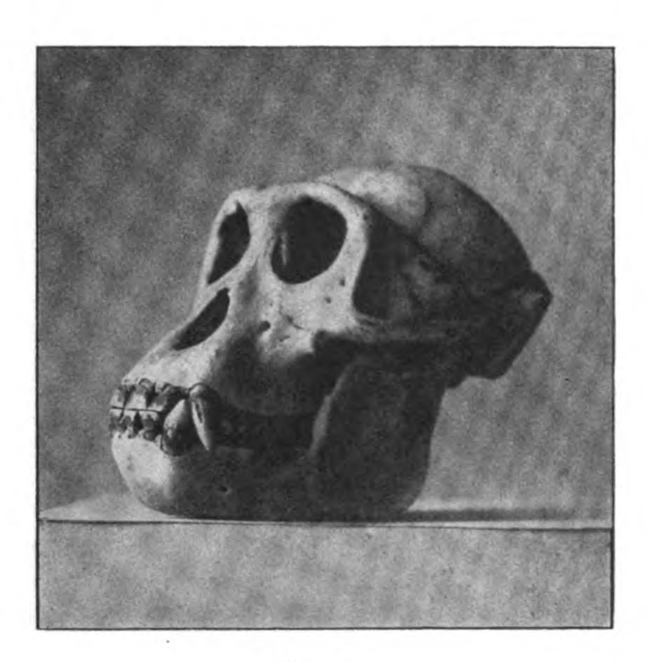
Fig. 6a. *Felis servalina* Ogilby. Cran. Mam. 1263.)

Fig. 6b. *Felis aurata aurata* Temm. (Cram. Mam. 1345.)

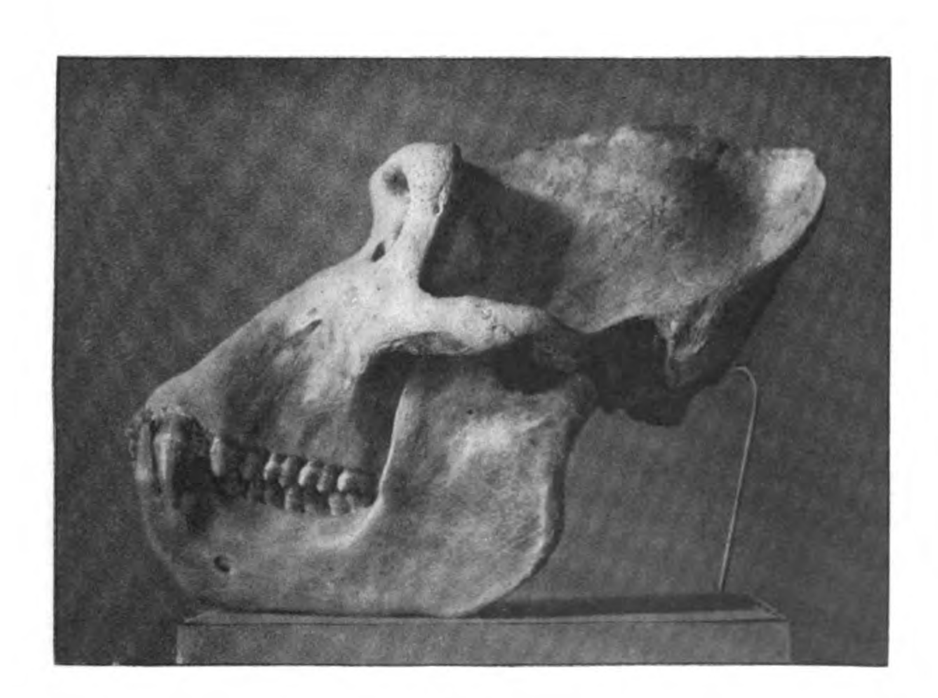
Fig. 7 und 8. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1349.)

Fig. 9a u. 10a. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1347.)

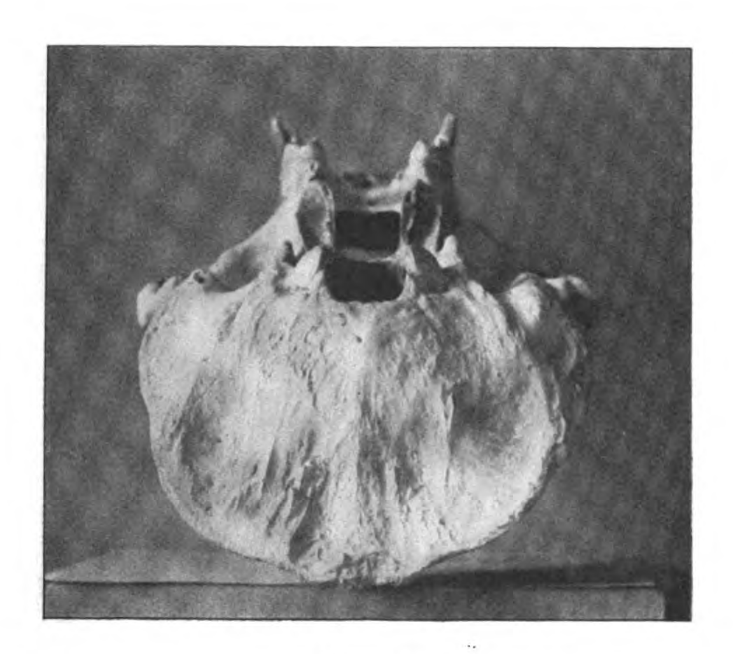
Fig. 9b u. 10b. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1348.)



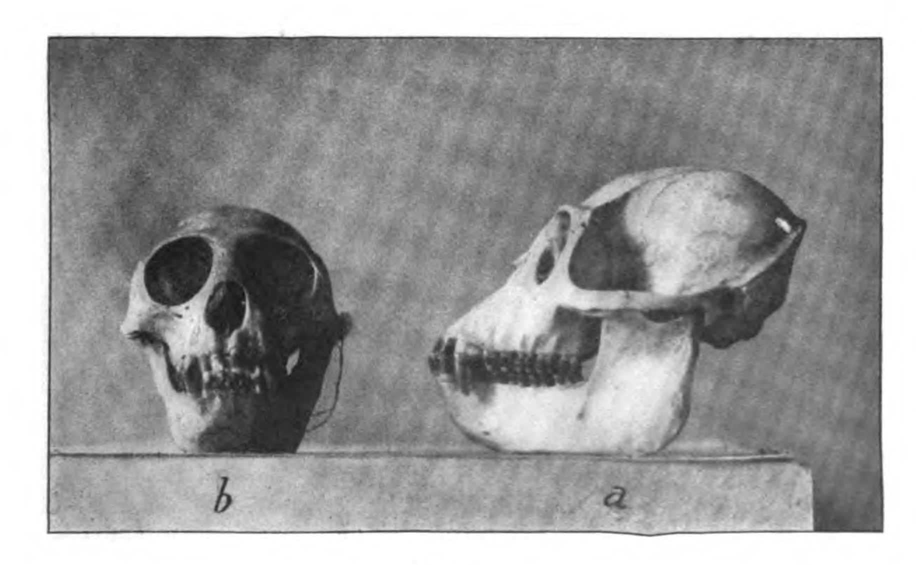
Figur 1.



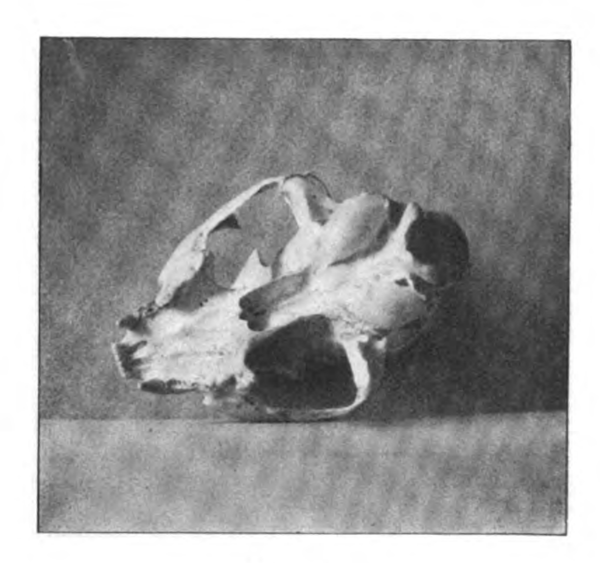
Figur 2.



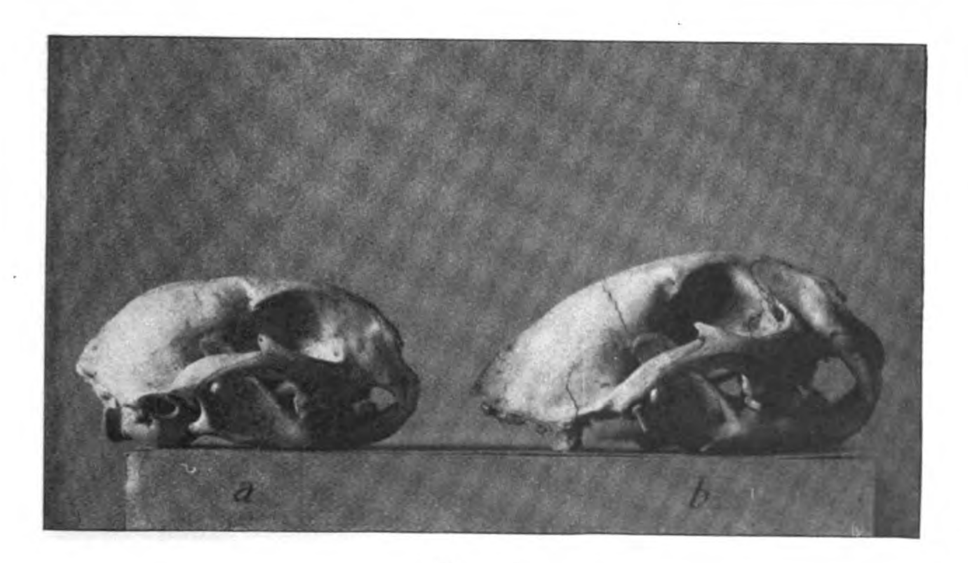
Figur 3.



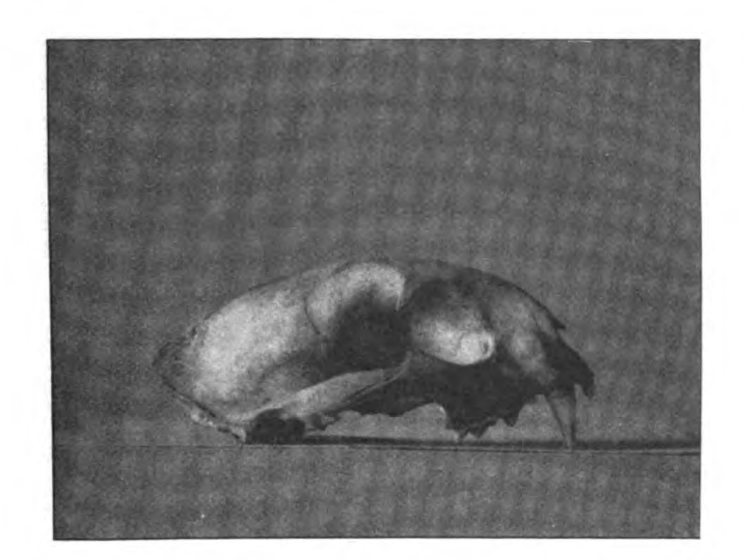
Figur 4.



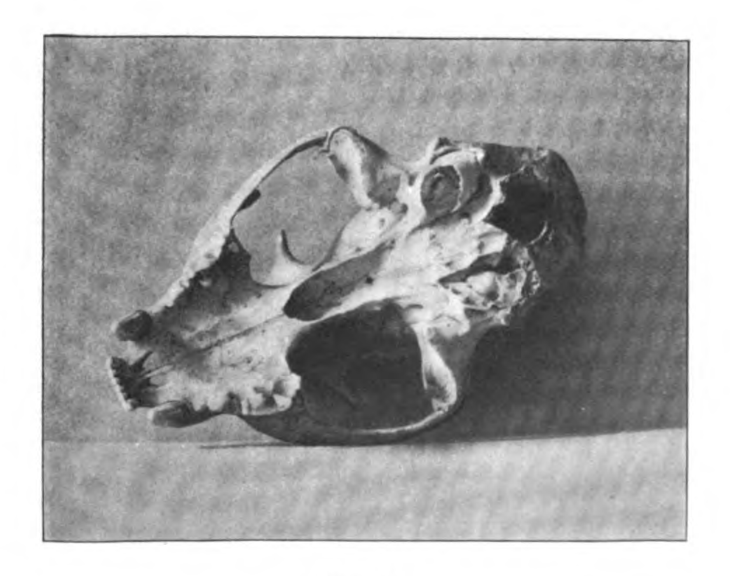
Figur 5.



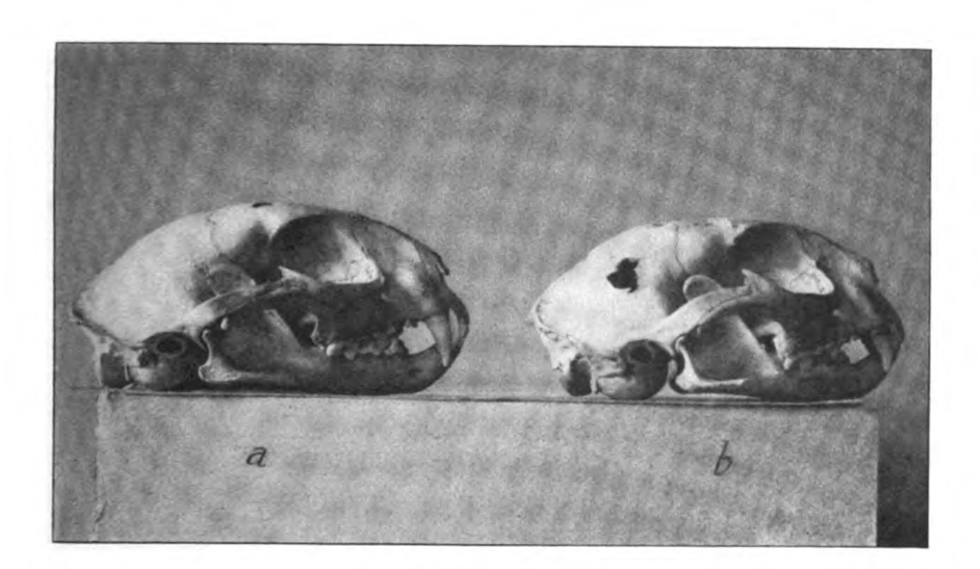
Figur 6.



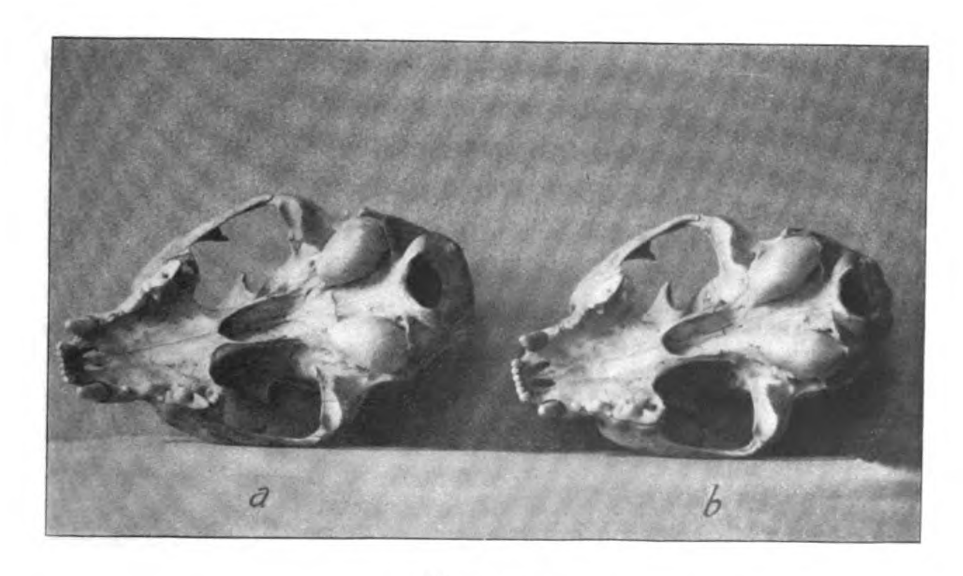
Figur 7.



Figur 8.



Figur 9.



Figur 10.

41

Die Beweise für die Existenz von Molekülen und die Sichtbarmachung der Molekularstruktur von Kristallen durch Röntgenstrahlen[1].

Von **O. Lehmann.**

Die Vorgänger der Physiker, die Magier des alten Babyloniens, hatten die Aufgabe, mit den unsichtbaren Geistern, Naturgottheiten, Dämonen oder Kobolden, welche man sich damals als die eigentlichen Urheber alles Geschehens dachte, in Beziehung zu treten, um Kommendes zu erfahren; auch sie durch Opfer günstig zu stimmen, um Nützliches zu fördern, Schädliches abzuhalten. In gewisser Hinsicht hatten sie als Propheten guten Erfolg, sie vermochten beispielsweise mit Sicherheit Sonnen- und Mondfinsternisse vorauszusagen und einen deus ex machina in Funktion zu setzen, so wie es ihnen paßte.

Diese Erfolge beruhten nun aber lediglich auf der Erkenntnis mathematischer und physikalischer Gesetze, welche mit der Götterlehre in gar keinem Zusammenhang stand, und so erscheint nur natürlich, daß Mathematik und Physik sich im Lauf der Zeit von dieser loslösten und ihre eigenen Wege gingen.

Ihre eigentliche Aufgabe ist aber heute noch dieselbe, nämlich auf Grund des in der Gegenwart Gegebenen das Zukünftige vorauszusagen und zwar nicht nur oberflächlich zu beschreiben, sondern mit aller Exaktheit zu berechnen und, da wir befähigt sind, gemäß unserem Willen durch eigene Kraft in das Geschehen einzugreifen und deshalb nicht gewillt sind, müßige Zuschauer zu bleiben, vielmehr einen natürlichen Herrscherberuf in uns fühlen, das Bestreben die Naturkräfte uns dienstbar zu machen, die weitere Aufgabe, die Beschreibung derart zu gestalten, daß wir sie verstehen, d. h. mindestens im Geiste die Vorgänge durch unsere eigene Kraft hervorzurufen imstande sind.

[1] Vortrag, gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein am 8. November 1912. Der Vortrag war von zahlreichen experimentellen Demonstrationen und Projektionen begleitet, auf welche im Folgenden der Kürze halber nicht hingewiesen ist.

Woher nehmen aber Mathematiker und Physiker die Sicherheit, daß ihre Voraussagen genau zutreffen werden? Woher wissen wir, daß 2×2 immer $= 4$ ist? Offenbar daher, weil die Gedankenoperationen, die wir ausführen, genaue Abbilder der wirklichen Operationen sind und somit auch das gleiche Ergebnis haben müssen. Wenn wir durch den einen Schenkel eines rechten Winkels unter bestimmter Neigung eine gerade Linie ziehen, so sind wir imstande, lediglich durch Gedankenoperationen herauszufinden, unter welchem Winkel diese Gerade den andern Schenkel schneiden wird. Wir sind mit Recht der vollen Überzeugung, daß wenn wir die Zeichnung wirklich ausführen, oder etwa Lineale in der beschriebenen Weise aneinanderfügen, der gemessene Winkel genau mit dem berechneten übereinstimmen wird. Ebenso werden wir den durch reine Gedankentätigkeit gefundenen pythagoräischen Lehrsatz, die Summe der Quadrate über den Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks sei gleich dem Quadrat über der Hypotenuse, unter allen Umständen durch experimentelle Ausmessung an beliebig kleinen oder großen, schmalen oder breiten Dreiecken stets mit der Wirklichkeit in vollkommener Übereinstimmung finden. Und dies gilt von allen mathematischen Operationen. Der konstruierende Architekt, der Ingenieur und der Maschinenbauer machen fortwährend von dieser Übereinstimmung unseres Gedankenganges mit der Wirklichkeit Gebrauch, ohne je auf eine Schwierigkeit oder Unsicherheit zu treffen, soweit eben die Rechnung oder Konstruktion eine fehlerlose war.

Es sind aber nicht nur rein mathematische Beziehungen, die sie verwenden, sondern auch physikalische. Das Ohm'sche Gesetz, die Grundgesetze der ponderomotorischen und elektromotorischen Wirkungen, die sich in Maxwells Gleichungen vereinigt finden, ermöglichen dem Elektrotechniker genaue Vorausberechnung seiner komplizierten elektrischen Maschinen und Anlagen. Auch hier besteht mit Recht die volle Zuversicht, das was auf mathematischem Wege aus den Forschungsergebnissen der Physik erschlossen wurde, müsse notwendig stets mit der Wirklichkeit übereinstimmen, sofern eben nur die zur Ableitung benutzten Sätze der Physik richtig sind und kein Rechenfehler unterlaufen ist.

Leider befindet sich nun der Physiker nicht in gleich glücklicher Lage wie Mathematiker und Techniker, denn gar häufig ist er genötigt, seine Berechnungen auf Grundlagen

aufzubauen, deren Zuverlässigkeit ganz unmöglich kontrolliert werden kann.

Ich lasse einen Lichtstrahl durch einen Kalkspatkristall hindurchgehen. Er zerfällt in zwei Strahlen, die in gesetzmäßiger Weise gegeneinander verschoben sind, die überdies polarisiert erscheinen, so daß der eine beim Auftreffen auf einen schwarzen Spiegel ausgelöscht wird, während die Zurückwerfung des andern in voller Stärke erfolgt. Dem Optiker, welcher ein Polarisationsprisma aus Kalkspat fabrizieren will, genügt für seine Zwecke die Kenntnis des mathematischen Zusammenhangs zwischen der Brechung des Lichtstrahls und der Form des Kristalls, welcher durch Messungen mit größter Genauigkeit ermittelt und aus physikalischen Handbüchern entnommen werden kann.

Aufgabe des Physikers ist aber, nicht einfach diesen Zusammenhang festzustellen, sondern ihn vorauszuberechnen; doch auf welcher Grundlage? Welches sind die kleinen unsichtbaren Kobolde im Kristall, welche die Zerteilung und Veränderung des Lichtstrahls bewirken? Wäre nicht die Annahme der Existenz solcher Individuen, Atome oder Moleküle (Aggregate von Atomen) ein Rückfall in die verkehrten altheidnischen Anschauungen der Magier? In der Tat galt es in der Zeit vor etwa 20 Jahren in der Physik als unpassend oder unkorrekt, sich mit Molekularhypothesen zu befassen. Der Physiker sollte nur solche Dinge in den Kreis seiner Betrachtungen ziehen, die man direkt sehen und messen kann.

Bei der um jene Zeit durchgeführten Abfassung meiner Molekularphysik[1] habe ich deshalb nur in einem kleinen Schlußkapitel Hinweise auf die bestehenden Molekulartheorien gegeben und im übrigen selbst das Wort Molekül streng vermieden[2], nicht gerade zum Vorteil der Klarheit des Ganzen, denn in manchen Fällen ist schon eine Beschreibung der einfachsten Tatsachen (z. B. der Identität der Mischung zweier Salzlösungen mit der Lösung der Mischkristalle dieser Salze) unmöglich ohne Beiziehung der Vorstellung der Existenz unveränderlicher Atome, da solche Beschrei-

[1] O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig, W. Engelmann 1888/89.

[2] W. Ostwald, der um jene Zeit sein Lehrbuch der Allgemeinen Chemie herausgab, machte zwar anfänglich noch Gebrauch von den Begriffen Atom und Molekül, gelangte aber schließlich zu der Annahme, Materie sei nur Energie, s. Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 305, 1895.

bung ohne diese Annahme die Vermehrung unseres Wortschatzes um unendlich viele neue Worte notwendig machen würde[1]. Ferner aber verstehen wir einen Vorgang offenbar nur dann, wenn wir imstande sind, ihn in Gedanken zu wiederholen und, da wir, falls wir einen Körper beschleunigen oder in seiner Bewegung hemmen, die Empfindung einer Kraftwirkung haben, welche eine Willensäußerung unseres unveränderlichen und unteilbaren Ich ist, so ist notwendig, um sich den Verlauf der Erscheinungen vorstellen zu können, als Urheber aller Bewegungsänderungen Wesen zu denken, welche genau ebenso unveränderlich und unteilbar sind, d. h. Individuen oder Atome (griechischer Ausdruck für Individuum), wenn auch nur in dem Sinne eines Gleichnisses, indem man sagt, die Vorgänge verlaufen so »als ob« die Körper aus solchen Atomen (Molekülen) zusammengesetzt wären[2]. Dies schließt natürlich nicht aus, daß die Moleküle wirklich existieren, und wenn dies zutrifft, ist die Hypothese, die Materie sei kontinuierlich, welche man gewöhnlich vorzieht, weil es so zu sein scheint, falsch; Berechnungen auf Grund dieser sog. Mediumtheorie können keine brauchbaren Resultate ergeben, selbst wenn man ebenfalls nur sagt, die Materie verhält sich so »als ob« sie kontinuierlich wäre. Die große Mannigfaltigkeit von Molekülkombinationen, die entsprechende Mannigfaltigkeit von Vorgängen bedingt, würde ja in der Rechnung gar nicht berücksichtigt werden können. Jedenfalls hat die neuere Forschung zugunsten der Molekulartheorie entschieden, wie nun im folgenden dargelegt werden soll.

I. Die kinetische Molekulartheorie.

Betrachten wir zunächst die Kompressibilität und thermische Ausdehnung der Gase. Ich drücke mit einer Druckpumpe ein gewisses Quantum Gas zusammen und gebe nun den Kolben wieder frei. Er schnellt infolge des Gasdrucks sofort auf seinen früheren Stand zurück! Wer übt diesen Druck aus? Das Gas selbst ist kein Individuum; also dessen Atome. Warum üben sie eine solche Kraft aus? Wenn ich das Gas erwärme wird der

[1] O. Lehmann, Karlsruher Antrittsrede, Natur 1889.

[2] Siehe O. Lehmann in Frick's physik. Technik 7. Aufl. Bd. II (1) 739, 1905, z. T. schon in der 6. Aufl. I, 139, 1890.

Druck größer, beim Abkühlen kleiner. Was ist Wärme? Nach den Entdeckungen von Graf Rumford und Robert Mayer kann sie nur in einer Bewegung der Moleküle bestehen. Die Gasmoleküle müssen beim Aufstoßen auf die Kolbenfläche naturgemäß wie andere stoßende Körper einen Druck ausüben. Ist dieser Druck identisch mit dem Gasdruck? Man stelle sich z. B. vor, das Gas sei in einen würfelförmigen Behälter von 1 m Seitenlänge eingeschlossen. Ein Molekül von m kg Gewicht bewege sich mit der Geschwindigkeit c m pro Sekunde senkrecht gegen die eine Seitenfläche. Beim Aufstoßen wird ihm zunächst die Geschwindigkeit c entzogen, sodann dieselbe Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung erteilt. Die Geschwindigkeitsänderung bei einem Zusammenstoß ist also $2\,c$. Zwischen zwei Stößen legt das Molekül, da es an der entgegengesetzten Seite abprallt und wieder gegen die erste Seite geworfen wird, den Weg 2 m zurück; die Zeit, die es dazu gebraucht, ist also, da die Geschwindigkeit c beträgt, $^2/_c$ Sekunden. Nun ist die Stoßkraft des Moleküls gleich seiner Masse m mal der Änderung der Geschwindigkeit pro Sekunde. Letztere beträgt in $^2/_c$ Sekunden $2\,c$, somit in einer Sekunde $2\,c \cdot {}^c/_2 = c^2$, daher ist die Stoßkraft $m \cdot c^2$ Dezimegadynen. Da alle Bewegungsrichtungen gleichmäßig vertreten sind, kann man annehmen, je ein Drittel der Moleküle bewege sich senkrecht zu einem der drei Seitenpaare. Ist also n die Gesamtzahl der Moleküle (in einem Kubikmeter), so stoßen auf die betrachtete Seitenfläche von 1 qm Ausdehnung $^n/_3$ Moleküle, der Druck p beträgt somit $^n/_3\, m\, c^2$ Dezimegadynen pro Quadratmeter. $n \cdot m$ ist die ganze Masse des Gases im Kubikmeter, d. h. die Dichte ϱ desselben, es ist also

$$p = \frac{1}{3} \cdot \varrho \cdot c^2 \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Hieraus läßt sich die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle ermitteln, sie findet sich von der Größenordnung der Anfangsgeschwindigkeit von Flintenkugeln, etwas größer als die Schallgeschwindigkeit in dem betr. Gas[1]. Aus der erhaltenen Gleichung folgt weiter, wenn das Volum von 1 kg in cbm v beiderseits als

[1] In Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit unter gewöhnlichen Umständen 340 m pro Sekunde; die Molekulargeschwindigkeit ist im Mittel etwa 500 m pro Sek.

Faktor und die absolute Temperatur τ als Divisor beigefügt wird:

$$\frac{p\,v}{\tau} = \frac{1}{3}\,\frac{m\,n\,v\,c^2}{\tau} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Macht man nun die Annahme, die absolute Temperatur sei um so größer, je größer die Bewegungsenergie der Moleküle ist, es sei $\tau = \text{const} \cdot \frac{m\,c^2}{2}$, so wird $\frac{p\,v}{\tau} = \frac{2 \cdot m \cdot n \cdot v \cdot c}{3 \cdot \text{const} \cdot m \cdot c^2} = \frac{2\,n\,v}{\text{const}}$ oder $\frac{p\,v}{\tau} = \text{const}$, da $n\,v$ die Gesamtzahl der Gasmoleküle, also konstant ist. Tatsächlich trifft dies genau zu (Boyle-Gay-Lussacs-Gesetz), ein Beweis für die Richtigkeit der gemachten Annahme.

Hat man zwei verschiedene Gase, die durch die Indizes 1 und 2 unterschieden werden mögen, so ist, falls deren Drucke p_1 und p_2 gleich sind: $\frac{1}{3}\,m_1\,n_1\,c_1^2 = \frac{1}{3}\,m_2\,n_2\,c_2^2$. Sind außerdem die Temperaturen τ_1 und τ_2 gleich, so ist $\frac{1}{2}\,m_1\,c_1^2 = \frac{1}{2}\,m_2\,c_2^2$. Durch Division beider Gleichungen folgt das Gesetz von Avogadro: $n_1 = n_2$, d. h. gleiche Volumia verschiedener Gase enthalten unter gleichen Umständen gleichviel Moleküle.

Verbinden sich die Atome zweier Gase, z. B. von Sauerstoff und Wasserstoff, so muß demgemäß, da die Zahl der Moleküle kleiner wird, plötzliche Volumverminderung eintreten. Ist die Masse eines Wasserstoffmoleküls m_H, so muß die Masse eines Sauerstoffmoleküls $m_O = 32 \cdot m_H$ sein, da die Dichten von Sauerstoff und Wasserstoff, d. h. die Produkte $n_O \cdot m_O$ und $n_H \cdot m_H$ sich verhalten wie 32 zu 1 und da, wie eben gezeigt, $n_O = n_H$ sein muß. In dieser Art läßt sich leicht das Molekulargewicht M eines beliebigen Gases aus dessen Dichte finden, da ja M das Verhältnis der Masse eines Moleküls desselben zu der eines Moleküls Wasserstoff[1] ist, welche man in diesem Fall statt des Kilogramms als Einheit der Masse zu wählen pflegt.

1 Kilogrammol sind soviele Kilogramme als das Molekulargewicht beträgt; z. B. ist 1 kg-Mol Sauerstoff die Masse 32 kg Sauerstoff. Da 1 Kubikmeter Sauerstoff 1,429 kg wiegt[2], so nimmt 1 kg-Mol Sauerstoff den Raum $\frac{32}{1{,}429} = 22{,}4$ cbm ein. Ebensogroß

[1] Neuerdings vergleicht man die Molekularmasse mit der des Sauerstoffs, welche = 32 gesetzt wird.

[2] Im Normalzustand d. h. bei 0° und 760 mm Druck (= 273° absolut und 101 365 Dezimegadynen pro qm Druck). Eine Dezimegadyne ist die Kraft, die der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/sec² erteilt (s. O. Lehmann, Leitfaden der Physik).

ist nach Avogadros Gesetz das Volumen von 1 kg-Mol irgend eines andern Gases. Auf 1 kg-Mol bezogen lautet deshalb das Gasgesetz, gleichgültig, welches die chemische Natur des Gases ist:

$$p = \frac{8319 \cdot \tau}{v} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Nun war $\tau = \text{const} \cdot \frac{m c^2}{2}$, oder $m c^2 = 2 \tau \text{ const}$, also wird $p = \frac{1}{3} n m c^2 = \frac{2}{3} \frac{n \tau}{\text{const}}$ oder $\text{const} = \frac{2}{3} \frac{n v}{8319}$ und $\tau = \frac{2 \cdot n v m c^2}{3 \cdot 8319 \cdot 2}$ oder, da $n v m$ die ganze Masse von 1 kg-Mol $= M$ kg ist, $\tau = \frac{M c^2}{3 \cdot 8319}$ Grade nach absoluter Skala. Nennt man die Konstante des Gasgesetzes für 1 kg des Gases R, so ist $M \cdot R = 8319$, und $\tau = \frac{c^2}{3 R}$ also die kinetische Energie eines Moleküls $\frac{m c^2}{2} = \frac{3}{2} m R \tau = \frac{3}{2} \frac{M R}{N} \tau = \frac{3}{2} \frac{8319 \cdot \tau}{N}$ Joule, wenn N die Zahl der Moleküle in 1 kg-Mol, die sog. Avogadrosche Zahl bedeutet.

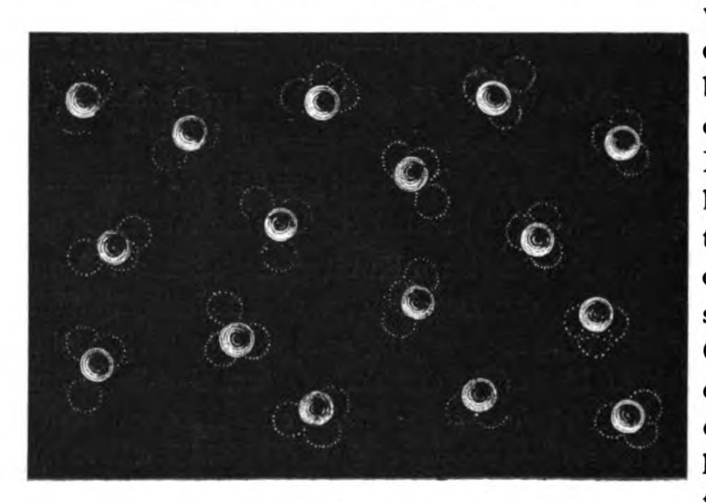
Das Gasgesetz läßt sich auch schreiben: $p = 8319 \cdot c \cdot \tau$, wenn c die molekulare Konzentration $\left(\frac{1}{v}\right)$ bedeutet, d. h. die Anzahl Kilogrammol des Gases, die sich in einem Kubikmeter befinden. Vom absoluten Nullpunkt an, wo der Druck naturgemäß Null ist, da die Geschwindigkeit c der Wärmebewegung = Null sein muß, steigt der Druck in gleichem Maße wie die Temperatur, allerdings nur sofern keine chemische Änderung (Dissoziation oder Assoziation) des Gases sich vollzieht, d. h. das Molekulargewicht dasselbe bleibt. Würden dagegen plötzlich die Moleküle in je zwei gleiche kleinere zerfallen, so hätte man nicht mehr 1, sondern 2 kg-Mol, da nun das Molekulargewicht halb so groß geworden ist, der Druck müßte also plötzlich auf das Doppelte steigen. Ebenso wird sich jede andere chemische Änderung durch eine entsprechende Änderung des Druckes kundgeben müssen, z. B. allmähliche Dissoziation durch allmähliche Vergrößerung desselben.

Für ein Gemenge von Gasen, deren räumliche molekulare Konzentrationen $c_1 c_2 \ldots$ sind, ist der Druck nach Daltons Gesetz die Summe der Drucke, welche die Gase einzeln ausüben würden, also: $p = 8319 \, (c_1 + c_2 + \ldots) \, \tau$ Dezimegadynen pro qm. Ganz verschiedenartige Moleküle wirken also in einem solchen Gemische hinsichtlich des erzeugten Druckes in durchaus derselben Weise, was verständlich ist, da sie alle dieselbe Temperatur haben, somit auch ihre Bewegungsenergie, die nicht von Volumen abhängt, nämlich wie

oben $= \frac{3}{2} \cdot \frac{8319}{N} \cdot 1$ Joule sein muß, dieselbe ist (Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung)[1].

II. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Konzentration von Emulsionen.

Eine Frage von ganz besonderem Interesse ist die, wie groß sind die Moleküle, wieviel derselben gehen auf 1 Kilogramm? Da ein Mikroskop im Maximum nur etwa 1000fache Vergrößerung besitzt, so ist nicht daran zu denken, die Moleküle mittelst eines solchen sichtbar machen zu können. Immerhin gelingt es leicht, wenigstens ihren Bewegungszustand indirekt durch die Bewegung feiner in dem Gase schwebenden Stäubchen unter dem Mikroskop zu erkennen. Beobachtungen über diese durch die wechselnden Stöße der Gasmoleküle bedingte, n. Brown, der sie schon früher in Flüssigkeiten beobachtete, als Brownsche Wimmelbewegung bezeichnete zitternde Bewegung feiner Partikelchen (Fig. 1)[2] hat zuerst Bodaszewski[3] beschrieben. Er untersuchte Rauch von brennenden Stoffen, Salmiaknebel usw. bei 100facher Vergrößerung, indem er denselben von oben her mit Sonnenlicht oder elektrischem Licht beleuchtete[4].



Figur 1.

[1] Demonstriert wurde die infolge der Bewegung der Moleküle eintretende Diffusion von Chloroformdampf und von Bromdampf in Luft, welche bedeutend langsamer, aber bis zu demselben, durch die Größe des Gefäßes bedingten Druck sich vollzieht, wie die Expansion ins Vakuum.

[2] Aus O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. 1, S. 265, Fig. 114, 1888.

[3] Bodaszewski, Chem. Centralbl. **12**, 209, 1881; Kosmos **7**, 177, 1882; Beibl. **8**, 488, 1884.

[4] Ich selbst habe etwas später solche Beobachtungen in gewöhnlichem durchfallendem Licht gemacht (Molekularphysik **2**, 5, 1889). Auf die Mitte eines großen

Denkt man sich ein Gas ohne Molekularstruktur, so müßten darin schwebende feste Partikelchen ihrer großen Dichte wegen allmählich zu Boden sinken und sich als Staubschicht ablagern. Der kinetischen Molekulartheorie gemäß muß umgekehrt, wenn ein reines Gas in ein Gefäß mit Staubschicht am Boden gebracht wird, auch bei völliger Ruhe des Gases die Staubschicht allmählich aufgewirbelt werden, bis das Gas annähernd gleichmäßig staubig geworden ist, infolge des beständigen Bombardements der Staubschicht durch die Gasmoleküle, so etwa wie eine Bodenschicht der schwereren Kohlensäure allmählig (entgegen der Wirkung der Schwere) in darüber gelagerte Luft diffundiert. Da Gase kontinuierlich in Flüssigkeiten übergehen können (durch Kompression oberhalb des kritischen Drucks und nachfolgende Abkühlung unter die kritische Temperatur), so ist zu erwarten, auch in Flüssigkeiten sei ein ähnlicher molekularer Bewegungszustand vorhanden, und, wie schon bemerkt, ist gerade bei diesen die Wimmelbewegung zuerst von Brown wahrgenommen worden.

F. Exner[1] versuchte sie hier mittelst des Zeichenprismas nachzuzeichnen und auszumessen. Wie zu erwarten, kam er zu dem Ergebnis, daß sie mit der Quadratwurzel aus der absoluten Temperatur steigt, und mit zunehmender Teilchengröße abnimmt. Durch die Erfindung des Ultramikroskops, bei welchem noch Teilchen von 1 Milliontel Millimeter Durchmesser durch intensive Beleuchtung von der Seite oder von oben herab im dunklen Gesichtsfeld sichtbar gemacht werden können (wenn auch nicht in ihrer wahren Form), gelang es H. Siedentopf und R. Zsigmondy[2] speziell bei kolloidalen Goldlösungen, d. h. Wasser mit sehr feinen Goldstäubchen, noch weit intensivere Wimmel-

---

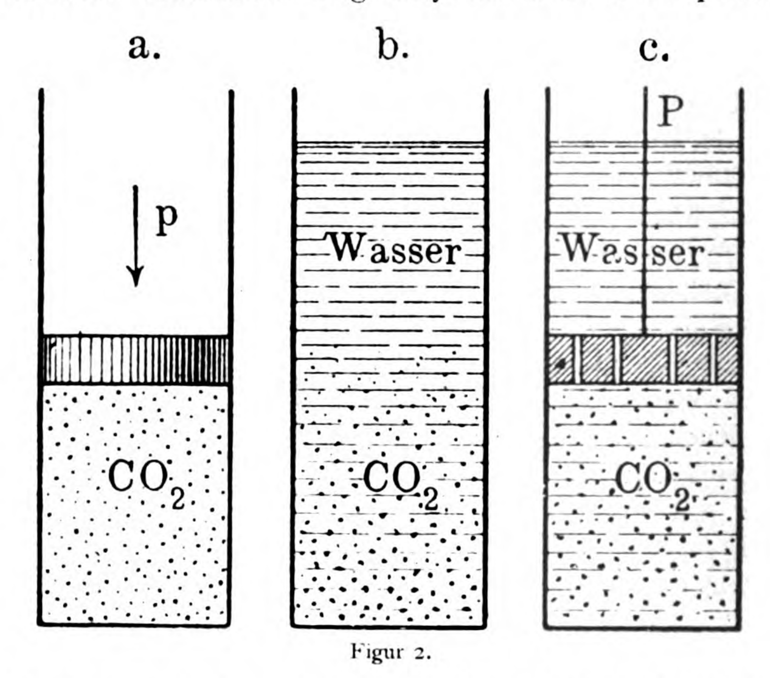
Objektträgers wurde ein kleines Tröpfchen Salzsäure gebracht. Nun bedeckte man das Ganze mit einem nicht zu kleinen flachen Uhrglas, die konkave Seite nach unten, und ließ um den Rand dieses Uhrglases eine ammoniakartige Flüssigkeit herumfließen. Salmiakgeist lieferte kleine, fast kugelige Salmiakkriställchen, welche zitternd über der Oberfläche der Salzsäure schwebten, langsam der herrschenden Gasströmung folgten und sich schließlich irgendwo auf der Platte niederließen oder in dem Tropfen versanken und sich darin auflösten. Dimethylamin lieferte kleine Tröpfchen, welche sich ebenfalls lebhaft bewegten; besonders zweckmäßig war aber Triäthylamin, welches, gleichfalls Tröpfchen (flüssige Kristalle) erzeugend, den Vorgang wesentlich längere Zeit hindurch verfolgen ließ als die beiden andern.

[1] F. Exner, Ann. d. Phys. **2**, 843, 1900.

[2] R. Zsigmondy, Zur Erkenntnis der Kolloide, Jena 1905; H. Siedentopf u. R. Zsigmondy, Ann. d. Phys. **10**, 1, 1903.

bewegung zu beobachten, die so lebhaft war, daß sie Zsigmondy anfänglich für etwas ganz anderes hielt. Er schreibt: »Die kleinen Goldteilchen schweben nicht mehr, sie bewegen sich — und das mit staunenswerter Lebhaftigkeit. Wer einen Schwarm tanzender Mücken sieht im Sonnenschein, der kann sich eine Vorstellung machen von den Bewegungen der Goldteilchen im Hydrosol des Goldes. Das ist ein Hüpfen, Tanzen, Springen, ein Zusammenprallen und Voneinanderfliehen, daß man Mühe hat, sich in dem Gewirre zurechtzufinden«.

Bei konstanter Temperatur bleibt die Wimmelbewegung stets unverändert, somit muß auch die Bewegung der Moleküle immer dieselbe sein. Tatsächlich hängt sie ja nur von der Temperatur ab.



Figur 2.

Wir haben gesehen, daß die mittlere kinetische Energie aller Moleküle eines Gasgemenges dieselbe ist, auch wenn diese ganz verschiedene Natur haben, wie z. B. die Moleküle der Kohlensäure und des Wasserdampfes in der Luft. Dieser Satz der Unveränderlichkeit der Molekularenergie gilt nun, wie die Untersuchungen van t'Hoffs gezeigt haben, nicht nur für gemischte Gase, sondern auch für verdünnte flüssige Lösungen.

Man denke sich z. B. Kohlensäure in einem Zylinder mit beweglichem Kolben, welcher sich in einem luftleeren Raume

befindet (Fig. 2a), eingeschlossen. Um eine Ausdehnung, d. h. Verschiebung des Kolbens zu hindern, muß auf diesen ein Druck p ausgeübt werden, welcher gleich dem Druck der Kohlensäure ist. Würde man den Kolben plötzlich entfernen, so würde die Kohlensäure sich in den leeren Raum hinein expandieren, eben weil sich ihre Moleküle in Bewegung befinden, und weil sie dem Galileischen Trägheitsgesetz gemäß ihre geradlinige Bahn weiter fortsetzen müssen, da keine Wand mehr da ist, an welcher sie zurückprallen.

Denkt man sich nun aber den Raum, statt leer, mit Luft erfüllt, so stoßen die Kohlensäuremoleküle wohl gegen die Luftmoleküle, diese können aber die Expansion nicht hindern, da sie nicht wie der Kolben eine starre Wand darstellen, sie können sie nur verlangsamen; die Kohlensäure diffundiert in die Luft, wie man sagt, obschon sie spezifisch schwerer ist als diese. Genau dasselbe gilt, wenn wir die Luft durch Wasser ersetzen (Fig. 2b), d. h. wenn wir über kohlensäurehaltiges Wasser reines Wasser schichten. Die Kohlensäure diffundiert in letzteres, vermöge des Bewegungszustandes ihrer Moleküle und sucht gleichmäßigen (osmotischen) Druck anzunehmen wie bei Expansion ins Vakuum oder in Luft.

Würde man nun weiter in den Zylinder bis an die Grenze der Flüssigkeit einen porösen Kolben hineinschieben (Fig. 2c), dessen Poren wohl für Wasser durchlässig sind, nicht aber für Kohlensäuremoleküle, so könnte die Diffusion natürlich nicht mehr stattfinden, die Kohlensäuremoleküle würden an dem Kolben abprallen und auf diesen einen Druck ausüben von derselben Größe, wie wenn dieselbe Kohlensäuremenge in Gasform vorhanden wäre und das Wasser völlig fehlte, d. h. den durch das Gasgesetz bestimmten Druck $p = 8319 \cdot c \cdot \tau$ Dezimegadynen pro Quadratmeter, wenn τ die absolute Temperatur und c die Anzahl Kilogrammol in einem Kubikmeter (die molekulare räumliche Konzentration) bedeuten.

Das Auftreten dieses Druckes könnte man tatsächlich beobachten, wenn man eine mit Manometer versehene, nicht für Kohlensäure, wohl aber für Wasser durchlässige Blase mit kohlensäurehaltigem Wasser füllen und sie in ein großes Gefäß mit Wasser einhängen würde. Der so festgestellte Druck heißt der »osmotische Druck« der Kohlensäure.

Da nun dieser Druck derselbe ist, wie wenn das Wasser nicht vorhanden wäre[1], folgt, daß auch die kinetische Energie der gelösten Kohlensäuremoleküle dieselbe ist, d. h., daß sie ebenso gemessen wird durch das Produkt $\frac{3}{2} \cdot \frac{8319}{N} \cdot \tau$ Joule wie die der gasförmigen Moleküle, und gleiches gilt für die molekulare Energie jeder andern gelösten Substanz, mag sie für sich gasförmig, flüssig oder fest sein, wie z. B. für Alkohol, der in Wasser gelöst ist, oder, da man diese Lösung auch als eine Lösung von Wasser in Alkohol betrachten kann, auch für die Moleküle des Lösungsmittels selbst, gleichviel, ob wenig oder viel fremde Substanz darin gelöst ist, somit auch für alle reinen Flüssigkeiten. Man kann also sagen, auch für Flüssigkeiten gilt der Satz, es ist die Bewegungsenergie eines jeden Moleküls $W = \frac{3}{2} \frac{8319}{N} \cdot \tau$ Joule.

Stellt man sich eine Lösung von Zucker vor, dessen Moleküle bereits 45 Atome haben und solche Größe, daß die Lösung beim Durchgang eines hellen Lichtstrahls erleuchtet erscheint wie eine trübe Flüssigkeit[2], und die durch den elektrischen Strom wie suspendierte Stäubchen fortgeführt werden, so liegt die Vermutung nahe, derselbe Satz könnte auch dann noch gültig sein, wenn die Partikelchen, die in der Flüssigkeit schweben, noch größer wären als Zuckermoleküle; sogar für einen feinen Niederschlag von Gummigutt oder Mastix, wie er entsteht, wenn man etwas alkoholische Lösung dieser Stoff ein Wasser gießt, oder für sog. kolloidale Lösungen, z. B. Goldsol, wie es erhalten wird durch Fällung verdünnter Goldchloridlösung mit Hydrazindichlorid oder, nach Bredig, durch rasche Abkühlung von im elektrischen Lichtbogen erzeugtem Golddampf in sehr schwach alkalischem Wasser. Dabei bilden sich ungemein feine Goldkügelchen, die als Staub im Wasser schwebend bleiben, offenbar da die Brownsche Wimmelbewegung sie hindert, sich ihrem größeren spezifischen Gewichts gemäß zu Boden zu setzen.

In der Tat läßt sich die Richtigkeit obiger Vermutung, die Energie, welche die Partikelchen so annehmen, sei gleich der Energie der Moleküle, beweisen mittelst des Maxwellschen

---

[1] Tatsächlich ist es in Folge der Bildung eines Kohlensäurehydrats und aus andern Gründen nicht genau zutreffend.

[2] Lobry de Bruyn, Rec. d. trav. chim. d. P. B. **23**, 155, 1904 und A. Coehn, Zeitschr. f. Elektrochem. 1909 S. 652.

Gesetzes der Verteilung der Geschwindigkeiten, welches durch Gibbs, Boltzmann, Jeans, Langevin, Einstein u. a. nach dieser Richtung hin weiter ausgebaut wurde, doch nur unter Zuziehung komplizierter Rechnungen und Hypothesen. J. Perrin[1] ist es gelungen, den Nachweis direkt auf sehr einfache Weise zu erbringen, nämlich durch tatsächliche Messung der kinetischen Energie der die Brownsche Wimmelbewegung zeigenden in der Flüssigkeit suspendierten Stäubchen. Eine unmittelbare Messung der Geschwindigkeit solcher Teilchen erwies sich allerdings unmöglich, doch konnte dieselbe indirekt erschlossen werden aus der Dichte der Verteilung der Stäubchen im Gleichgewichtszustand. Füllt man z. B. eine Kapillarröhre mit einer Gummiguttemulsion, so werden allmählich die oberen Partien lichter und die alleroberstenSchichten fast ganz frei von suspendierten Teilchen, in den untersten Schichten häufen sich diese dagegen infolge der Wirkung der Schwere zu größter Dichte an, ohne aber den Boden zu erreichen, eben weil sie durch die Wimmelbewegung daran gehindert werden. Die Dichteverteilung muß, da die Ursache dieselbe ist, die gleiche werden wie die der Dichte der Luft in der Atmosphäre, die ebenfalls in den tiefsten Schichten am größten ist, derart, daß die sog. barometrische Höhenformel[2] gilt, d. h. es besteht zwischen den Konzentrationen n_0 und n in zwei Punkten aus der Niveaudifferenz h die Gleichung $2{,}302\, W \log \frac{n_0}{n} = 2\pi a^3 (\Delta - \delta)\, g\, h$, worin W die gesuchte mittlere Teilchenenergie in Joule bedeutet, dieselben als kugelförmig angenommen, a den Kugelradius in Metern[3], Δ die Dichte der

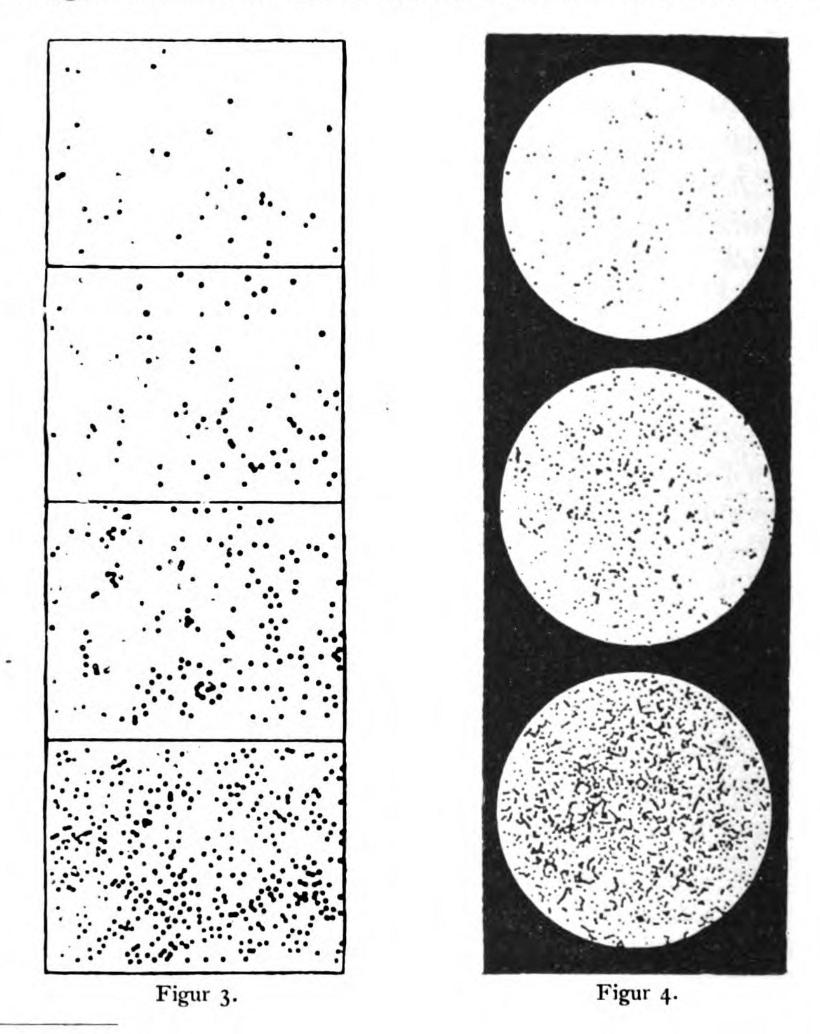
[1] J. Perrin, Kolloidchemische Beihefte **1**, 239, 1909; Phys. Z. **11**, 462, 1910; siehe ferner die Zusammenstellungen von E. Rutherford, Physik. Zeitschr. **10**, 762, 1909 und R. Pohl in d. Jahrb. d. Rad. u. Elektr. **8**, 406, 1910.

[2] Ist unten bei 0° und 760 mm Barometerstand die Luftdichte 1,29 kg pro cbm, so wird in der Höhe 1 Meter der Druck kleiner um $\frac{1{,}29}{13600} \cdot \frac{b}{0{,}760}$, wenn b der dortige Barometerstand in Metern und 13600 die Dichte des Quecksilbers in kg pro cbm ist. Steigt man nicht 1 Meter, sondern nur dh Meter höher, so ändert sich der Barometerstand entsprechend um $db = -\frac{1{,}29}{13600} \cdot \frac{b \cdot dh}{0{,}760}$, also ist $dh = -\frac{13600 \cdot 0{,}760}{1{,}29} \cdot \frac{db}{b} = -800 \cdot \frac{db}{b}$ und $h = 8000\, ln \frac{b_0}{b_1} = 18400 (\log \cdot b_0 - \log b_1)$.

[3] Kügelchen von gleichmäßiger Größe wurden durch fraktioniertes Zentrifugieren erhalten. Um sie abzählen zu können, wurde der Lösung etwas Salzsäure beigefügt, welche bewirkt, daß sie nach kurzer Zeit gegen das Glas hingetrieben (ausgeschieden) werden und dort in gleicher Dichte anhaften. Der Kugelradius ließ sich mittelst des Stokesschen Gesetzes ermitteln, gemäß welchem die Reibungskraft, die sich der Be-

Kügelchen in kg pro cbm und δ die der Flüssigkeit, in welcher sie suspendiert sind, g die Fallbeschleunigung in m/sec².

Die Fig. 3 zeigt die Verteilung des Gleichgewichts von Gummigutteilchen von 0,0006 mm Durchmesser in 4 übereinander-



Figur 3. Figur 4.

wegung einer Kugel in einer Flüssigkeit entgegenstellt, in jedem Augenblick gegeben ist durch $6\pi\zeta a v$, wenn ζ die Zähigkeit der Flüssigkeit in Dezimegadynen × Sek. pro qm, a der Kugelhalbmesser in Metern und v die Geschwindigkeit der Kugel in m/sec ist. Für eine mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fallende Kugel muß diese gleich dem scheinbaren Gewichte der Kugel in der Flüssigkeit sein, d. h. man hat $6\pi\zeta a v = \frac{4}{3}\pi a 3 (\Delta - \delta) g$ Dezimegadynen, woraus sich nach Messung der Geschwindigkeit v der Kugelradius a berechnen läßt. Übrigens ließ er sich auch direkt messen, insbesondere wenn sich solche Kügelchen unmittelbar zu Fäden aneinander gereiht hatten, durch Abzählen der Teilchen, auf der ganzen Fadenlänge.

liegenden um je 0,01 mm voneinander abstehenden Niveaus, Fig. 4 die Gleichgewichtsverteilung in einer Mastixemulsion mit Körnchen von 0,001 mm Durchmesser in 3 um je 0,012 mm voneinander abstehenden Niveaus.

Tatsächlich ergab sich auf solche Weise berechnet W stets, unabhängig von der Größe der Teilchen, gleich der molekularen Energie der Gase und Flüssigkeiten, also $W = \frac{3}{2} \frac{8319}{N} \cdot T$, woraus folgt $N = \frac{3}{2} \frac{8319}{W} T$, d. h. man ist überraschenderweise durch Beobachtungen an Emulsionen imstande, die Avogadrosche Zahl, die Anzahl von Molekülen in einem Kilogrammol eines Gases zu bestimmen, mit dem Vorbehalt natürlich, daß die gemachten Annahmen zutreffend sind. Man findet (nach Perrin): $N = 705 \cdot 10^{24}$.

Hieraus ergibt sich die Anzahl von Molekülen in einem Kilogramm $= \frac{N}{M} = \frac{705 \cdot 10^{24}}{M}$, d. h. wenn es überhaupt Moleküle gibt, muß 1 Kilogramm eines Stoffes von Molekulargewicht M aus $705/M$ Quadrillionen Molekülen bestehen.

Die Zahl der Moleküle in einem Kubikmeter bei 0° und 760 mm Druck (die Loschmidtsche Zahl) erhält man durch Division mit 22,4, d. h. dem Volumen von 1 kg-Mol in cbm. Sie ist $= 31,5 \cdot 10^{24}$. Ebensogroß ist die Zahl der Moleküle eines gelösten Stoffs in verdünnter Lösung in jedem Kubikmeter, falls die Temperatur 273° K[1] ist und der osmotische Druck 101 365 Dezimegadynen pro qm beträgt.

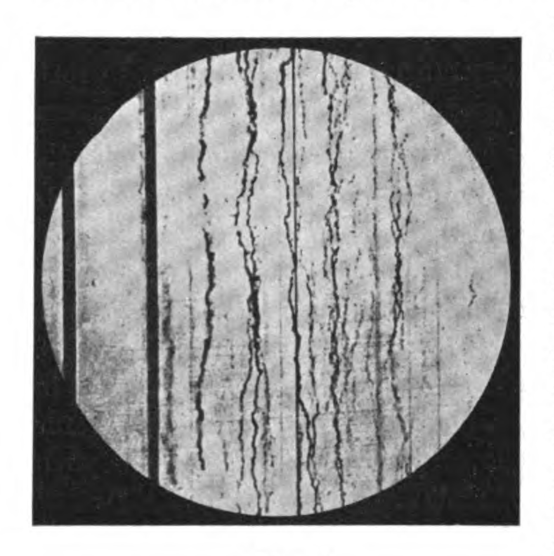
Beispielsweise sind in 1 kg Wasserstoff, da das Molekulargewicht 2 ist, $352 \cdot 10^{24}$ Moleküle enthalten. 1 Molekül Wasserstoff wiegt also $1,43 \cdot 10^{-27}$ kg, 1 Molekül Sauerstoff, welches 16 mal schwerer ist, wiegt $22,7 \cdot 10^{-27}$ kg.

Die mittlere kinetische Energie eines Moleküls bei 0° C ist $\frac{3}{2} \cdot \frac{8319 \cdot 273}{703 \cdot 10^{24}} = 0,48 \cdot 10^{-20}$ Joule gleichgültig, ob der Stoff sich im Gaszustand befindet, oder in einer großen Menge Flüssigkeit gelöst ist. Die suspendierten Kügelchen einer Gummiguttemulsion von 0,0002 mm Durchmesser repräsentieren einen Stoff, dessen Molekulargewicht 20 Millionen beträgt, denn ist das aus dem Kugelradius a und der Dichte d zu bestimmende Gewicht eines Teilchens $= m$, so muß sein: $705 \cdot 10^{24}/M = 1$ kg also $M = 705 \cdot 10^{24} \cdot m$.

[1] K (nach Kelvin) bedeutet nach absoluter Skala, C nach Celsius.

III. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Brownschen Bewegung.

Eine Prüfung der Richtigkeit der dargelegten Rechnungen ist möglich durch Abmessung der Ortsveränderung der Körnchen, insofern sich dieselbe wie Einstein[1] und auf anderem Wege v. Smoluchowski[2] und Langevin[3] gezeigt haben, voraus berechnen läßt. Die Fixierung der Lage der einzelnen Teilchen in einem bestimmten Moment ist möglich auf photographischem Wege mit Hilfe des Ultramikroskops. Solche Versuche sind zuerst publiziert worden von Seddig[4]. Figur 5 (Phys. Z. X, Taf. XIII) zeigt eine Momentaufnahme auf fallender Platte von H. Siedentopf[5]. V. Henri[6] gelang es, kinematographische Aufnahmen der Bewegung von kleinen Kautschukkügelchen (Durchmesser 0,001 mm) zu machen; de Broglie[7] photographierte die Bewegungen von durch Adsorption von Wasser vergrößerten Rauchteilchen in einem strömenden Gase. Sehr eingehende Studien bei kolloidalen Metallösungen machte The Svedberg[8]. Fig. 6 gibt nach Perrin[9], welchem es gelang ohne Photographie exaktere Resultate zu erhalten, drei Zeichnungen,



Figur 5.

---

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 549, 1905 u. **19**, 37, 1906.

[2] M. v. Smoluchowski, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906.

[3] Langevin, Compt. rend. **146**, 350, 1908.

[4] Seddig, Phys. Zeitschr. **9**, 465, 1908.

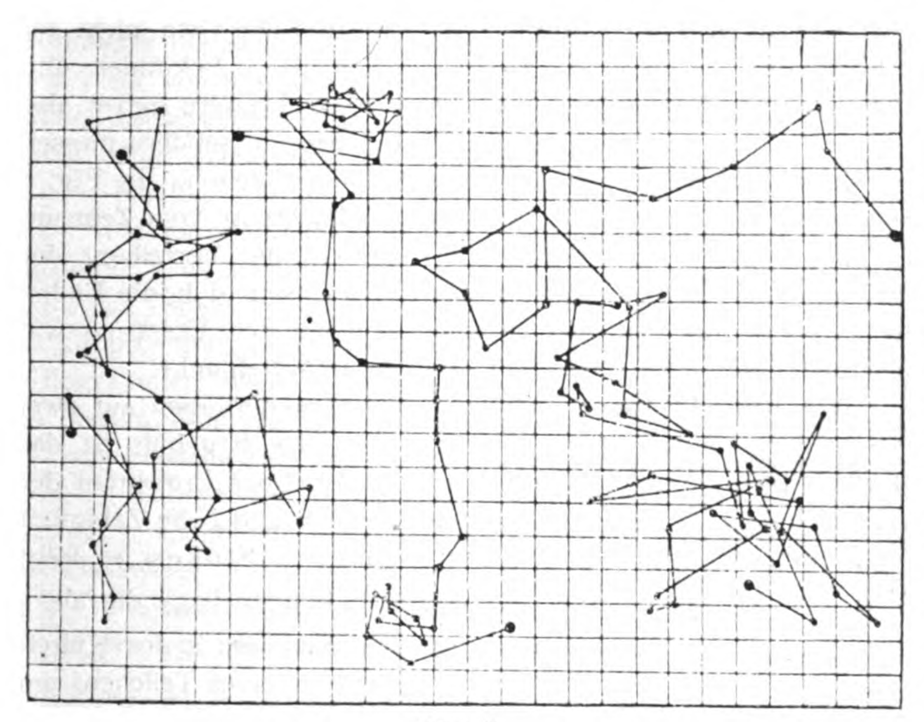
[5] H. Siedentopf, Phys. Zeitsch. **10**, 778, Taf. XIV, 1909.

[6] V. Henri, Compt. rend. **146**, 18. Mai und 6. Juli 1908.

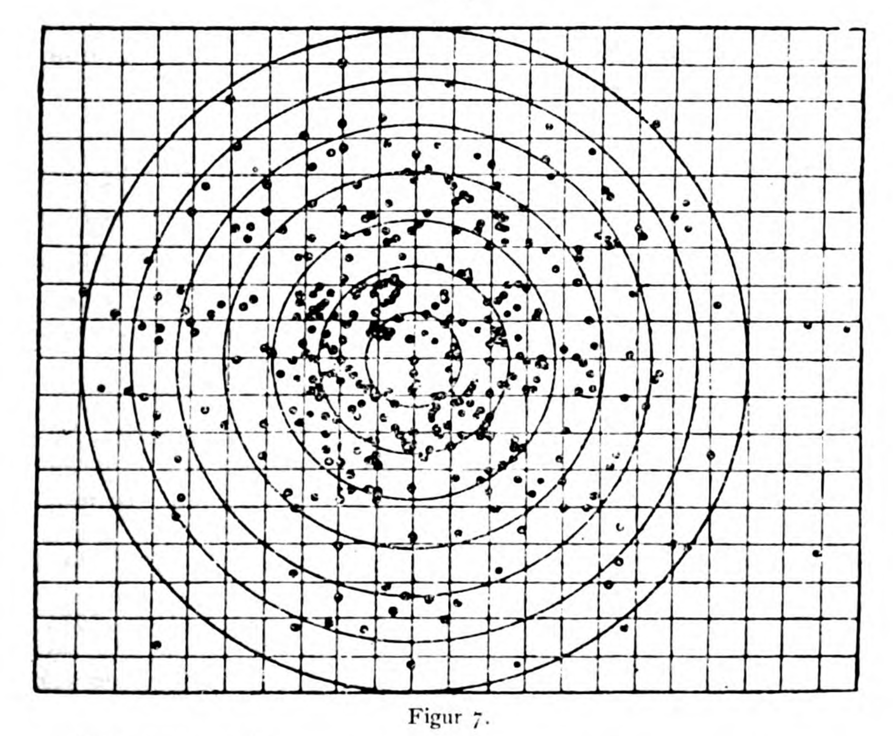
[7] de Broglie, Compt. rend. **146**, 1010, 1908; **148**, 1163, 1315, 1909.

[8] The Svedberg, Kolloidzeitschr. **7**, 1, 1910; Die Existenz der Moleküle, Leipzig, Akad. Verlagsg. 1912, 123.

[9] J. Perrin, Kolloidchem. Beihefte **1**, 276, 1909; Phys. Zeitschr. **11**, 469 Fig. 3, 1910.



Figur 6.



Figur 7.

welche erhalten wurden durch das Eintragen der Orte (nicht der Bahnen) der Teilchen in Intervallen von je 30 Sekunden und Verbinden der Punkte durch gerade Linien. Letztere geben also keineswegs die wirklichen Wege der Teilchen an, sondern messen nur die Ortsveränderungen in den genannten Zeiten. In Fig. 7 sind die Ortsänderungen (in der richtigen Richtung) vom Zentrum aus abgetragen. Augenscheinlich entspricht die Verteilung der Orte ganz dem Maxwellschen Verteilungsgesetz, d. h. die Enden der so erhaltenen Vektoren verteilen sich um den Ursprung wie die Treffer auf einer Zielscheibe um ihren Mittelpunkt.

Wie bemerkt lassen sich diese Ortsveränderungen auf zwei verschiedenen Wegen theoretisch ableiten; das Ergebnis ist das gleiche. Nennt man ξ^2 das mittlere Quadrat der Projektion der Verschiebung auf eine Koordinatenachse Ox und ζ die Zähigkeit der Flüssigkeit (wie oben bei dem Gesetz von Stokes), so folgt $N = \frac{t \cdot 8319 \cdot \tau}{\xi^2 \cdot 3\pi a \zeta}$, wenn t die Zeitdauer in Sekunden ist, τ die absolute Temperatur, N die Avogadrosche Zahl und a der Kugelradius in Metern. Ist α die mittlere Rotation eines Teilchens um eine Achse in Radianten in der Zeit τ, so ergibt sich $N = \frac{t \cdot 8319 \cdot \tau}{\alpha^2 \cdot 4\pi \zeta a^3}$. Beide Formeln ergaben nach Perrin Werte von N somit auch der Zahl N/M der Moleküle in 1 kg in guter Übereinstimmung mit den nach der früheren Methode gefundenen.

IV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Molekularvolumen.

Bezeichnet man mit a den Durchmesser eines Moleküls, mit l die mittlere freie Weglänge und mit n die Zahl der Moleküle pro cbm, so ist nach Loschmidt[1] $n a^2 = \frac{l}{\pi\sqrt{2}\,l}$, ferner $\mu = l \cdot \varrho \cdot \frac{12}{13} \cdot \frac{c}{\pi}$, wenn μ die innere Reibung[2], ϱ die Dichte des Gases und c die mittlere Geschwindigkeit seiner Moleküle bedeuten[3]. Durch Kombination beider Gleichungen erhält man Werte für den Moleküldurchmesser a, welche zwischen 2 und 7 Zehntel eines Millionstel

[1] Loschmidt, Wien. Sitzb. **52**, 2, 395, 1865, E. Dorn, Wied. Ann. **13**, 380, 1881; H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 897, 1908.

[2] Siehe O. E. Meyer, Kinetische Theorie der Gase, 2. Aufl. 1899 S. 293. Die mittlere Weglänge l kann auch (weniger genau) aus der Wärmeleitung oder aus der Radiometerwirkung (s. P. Debye, Phys. Zeitschr. **11**, 1115, 1260, 1910) abgeleitet werden.

[3] Für Quecksilber beispielsweise findet sich hieraus (nach Perrin) $l = 0{,}00021$ mm.

Millimeter liegen[1]. Umgekehrt kann man aus der Gleichung aber den Wert von n ermitteln. Da nämlich bei Abkühlung bis in die Nähe des absoluten Nullpunkts[2] die Moleküle selbstverständlich nicht näher aneinander gedrängt sein können, als es Kugeln in einem Haufen von Kugeln sind, so muß sich aus der Dichte des Stoffes die Avogadrosche Zahl wenigstens der Größenordnung nach berechnen lassen. Das ist in der Tat der Fall. Ist d die Dichte des Stoffs in der Nähe des absoluten Nullpunkts in kg pro cbm, so ist das Volumen von 1 kg-Mol, d. h. von M Kilogrammen, wenn M das Molekulargewicht[3] bedeutet, $= M/d$. In diesem Volumen befinden sich nun N Moleküle, wenn N die Avogadrosche Zahl ist. Jedem kommt ein würfelförmiger Raum von a^3 Kubikmeter zu, wenn der Molekulardurchmesser a Meter beträgt[4]; somit muß sein: $N \cdot a^3 = M/d$, oder $N = M/a^3 \cdot d$. Beispielsweise findet sich so für Quecksilber (nach Perrin) $N = 450 \cdot 10^{24}$, also wieder ein ähnlicher Wert für die Molekülzahl N/M pro kg, wie nach den andern Methoden.

V. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Diffusionskonstanten.

Die Geschwindigkeit der Diffusion bei Lösungsvorgängen muß sich in Übereinstimmung befinden mit der Geschwindigkeit

---

[1] Für Quecksilber beispielsweise findet Perrin $0{,}28 \cdot 10^{-6}$ mm.

[2] Z. B. von Helium, (Siedepunkt $4{,}26°$ K nach Kammerlingh-Onnes, Beibl. 36, 1232, 1912), dessen Molekulardurchmesser $= 0{,}17 \cdot 10^{-6}$ ist. Nach Kammerlingh-Onnes und W. H. Keesom, Enzykl. Math. Wiss. **5** (10), 682, 1912 ist die absolute Temperatur von unter 0,2 mm Druck verdampfendem flüssigem Helium $1{,}15°$ K.

[3] Nach R. Eötvös, Wied. Ann. **27**, 452, 1886, läßt sich das Molekulargewicht bei Flüssigkeiten aus dem Temperaturkoeffizienten der Oberflächenspannung bestimmen, welcher z. B. durch Messung der Steighöhe in einer Kapillare leicht ermittelt werden kann. Ist diese h Meter, die Dichte der Flüssigkeit s kg pro cbm und der Querschnittradius r Meter, so findet sich die Oberflächenspannung $\gamma = \frac{1}{2}\, r\, h\, s \cdot 9{,}81$ Dezimegadynen pro Meter. Ist nun M das Molekulargewicht, v das spezifische Volumen der Flüssigkeit in cbm pro kg, so ist das Volumen von 1 kg-Mol $M \cdot v$ cbm, dessen Oberfläche also proportional $(M \cdot v)^{\frac{2}{3}}$, somit die Oberflächenenergie von 1 kg-Mol proportional zu $\gamma\, (M v)^{\frac{2}{3}}$, denn γ ist auch die Arbeit um 1 qm Oberfläche zu bilden, gemessen in Joule. Nach Eötvös ändert sich diese »molekulare Oberflächenenergie« bei Flüssigkeiten, die chemisch beständig sind, nach einem dem Gasgesetz $\frac{p\, M \cdot v}{T} = 8319$ (wenn v das Volumen von 1 kg und p der Druck in Dezimegadynen pro qm) ähnlichem Gesetz: $\gamma \cdot M \cdot o = K \cdot T$, worin o die Oberfläche und K eine von der Natur der Flüssigkeit unabhängige Konstante bedeutet, oder $\gamma\, (M \cdot v)^{\frac{2}{3}} = K \cdot T$.

[4] Für Helium beispielsweise ist $a = 0{,}17 \cdot 10^{-6}$ (nach Perrin).

der Diffusion von Emulsionen, da in beiden Fällen die Ursache die Molekularbewegung ist. Denkt man sich in einer diffundierenden Lösung ein kleines zylindrisches Rohr, dessen Achse mit der Diffusionsrichtung zusammenfällt, so ist nach dem Fickschen Gesetz die in der kleinen Zeit dt Sekunden durch den Querschnitt q Quadratmeter gewanderte Zahl Kilogramme der betr. Substanz dS dem Konzentrationsgefälle $\frac{dc}{dx}$, der Zeit dt und der Fläche q proportional, also, wenn man den Proportionalitätsfaktor, den sog. Diffusionskoeffizienten mit D bezeichnet:

$$dS = -Dq\frac{dc}{dx}dt \text{ Kilogramm.}$$

Der Diffusionskoeffizient läßt sich nun nach Nernst berechnen auf Grund der Überlegung, daß die treibende Kraft K bei der Diffusion eine Wirkung desselben Druckes p ist, den wir oben osmotischen Druck genannt hatten, der sich bestimmt durch das Gasgesetz

$$p = 8319 \cdot \tau \cdot c \text{ Dezimegadynen pro qm,}$$

so daß

$$K = -8319 \cdot \tau \cdot \frac{dc}{dx} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Ist nun der Widerstand des Lösungsmittels auf jedes Molekül der gelösten Substanz bei der Geschwindigkeit 1 Meter pro Sekunde, f Dezimegadynen pro qm, also auf 1 Kilogrammol (= N Moleküle) = $N \cdot f$, so wird er bei der Konzentration c gleich Nfc und bei der Geschwindigkeit v gleich $Nfcv$. Da die Geschwindigkeit konstant bleibt, muß dieser Widerstand wie bei jedem unter Reibung sich konstant bewegenden Körper gleich der treibenden Kraft sein, d. h.

$$Nfcv = -8319 \cdot \tau \cdot \frac{dc}{dx},$$

woraus unter Berücksichtigung, daß die aus dem Volumen $v \cdot q \cdot dt$ und der Konzentration c bestimmte Masse $vcq\,dt = dS$ ist, folgt:

$$dS = -\frac{8319 \cdot \tau \cdot q}{Nf}\frac{dc}{dx} \cdot dt,$$

also in Verbindung mit dem Diffusionsgesetz:

$$D = \frac{8319 \cdot \tau}{N \cdot f}.$$

Für eine Emulsion läßt sich f nach dem Stokesschen Gesetz, für den Fall der Bewegung einer Kugel vom Radius a Meter in einer Flüssigkeit mit der Viskosität ζ berechnen[1]. Es ist $f = 6\pi\zeta a$ Dezimegadynen pro Quadratmeter. Durch Messung des Diffusionskoeffizienten bei Emulsionen kann man somit umgekehrt die Avogadrosche Zahl, d. h. die Anzahl Moleküle in einem Kilogrammol finden, denn es wird $N = \frac{8319 \cdot \tau}{D \cdot 6\pi\zeta a}$. Messungen von The Svedberg bei kolloidalen Goldlösungen ergaben so den Wert

$$N = 580 \cdot 10^{24}$$

in bester Übereinstimmung mit dem aus der kinetischen Gastheorie und aus der Dichte abgeleiteten Wert. Für Zuckerlösungen fand Einstein[2] den Wert $400 \cdot 10^{24}$ unter der Voraussetzung, daß das Stokessche Gesetz auch noch für Kugeln von der Größe einzelner Moleküle gilt, was wahrscheinlich nicht genau zutrifft. Auch nach diesem Verfahren findet sich also ein Wert für N/M d. h. die Zahl der Moleküle pro kg von ähnlicher Größe wie nach den vorher besprochenen Methoden.

VI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Zustandsgleichung.

Bei Ableitung des Gasgesetzes wurde angenommen, die Moleküle übten keine Kräfte aufeinander aus. Bei Flüssigkeiten, die eine sehr erhebliche Kohäsion aufweisen, ist dies aber zweifellos nicht der Fall, was schon dadurch zum Ausdruck kommt, daß das Gasgesetz in der Nähe der kritischen Temperatur nicht mehr gilt, sondern (nach van der Waals) geschrieben werden muß:

$$p + \frac{a}{v^2} = 8319 \cdot \frac{1}{v - b} \cdot \tau$$

Der Gasdruck erscheint somit um den Betrag von a/v^2 (eine bei konstantem Volumen konstante Größe) vermindert, was nach der Identitätstheorie der Aggregatzustände von van der Waals (Kontinuitätstheorie) seinen Grund darin haben soll, daß zu dem

[1] Vgl. Sutherland, Phil. Mag. **9**, 781, 1905; A. Einstein, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906; v. Smoluchowski, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906; Langevin, Compt. rend. **146**, 530, 1908; The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, Leipzig 1912.

[2] A. Einstein, Anm. d. Phys. **19**, 289, 1906.

äußeren Drucke sich noch der durch die gegenseitige Attraktion der Moleküle bedingte Binnendruck $\frac{a}{v^2}$ addiert, während nach meiner Ansicht die Druckänderung, mindestens zum Teil, auch auf Änderung der Moleküle selbst beruhen muß, da nach anderweitigen Untersuchungen die Moleküle der flüssigen Modifikation nicht identisch sind mit denjenigen der gasförmigen[1], so daß wenn eine solche Umwandlung in anders geartete Moleküle nicht stattfinden würde, weder eine kritische Temperatur noch eine Verflüssigung des Gases zu beobachten wäre. Sieht man indes hiervon ab, so ließe sich aus der van der Waalsschen Formel wieder in ganz anderer Weise ein Wert für die Avogadrosche Zahl N gewinnen, da sie das Gesamtvolumen der Moleküle, welches oben aus der Dichte beim absoluten Nullpunkt abgeleitet wurde, auf andere Art zu berechnen gestattete. Man kann sich nämlich vorstellen, daß der für die Bewegung der Moleküle zur Verfügung stehende Raum bereits merklich durch das Volumen der Moleküle selbst beeinträchtigt erscheint, so daß letzteres in Abzug gebracht werden muß. Statt v enthält nun

[1] Bei Abnahme des Volumens sollte der Binnendruck größer werden, die Molekularkräfte verhalten sich aber, wie das Elastizitätsgesetz lehrt, gerade umgekehrt, sie wachsen bei Vergrößerung des Abstandes der Moleküle. Dies schien mir bedenklich (siehe Ann. d. Phys. **22**, 469, 1907 und »Die neue Welt d. flüssigen Kristalle« S. 95 Anmerk. 1 u. S. 101 Anmerk. 1). Wie J. D. van der Waals, Nobelvortrag am 12. Dez. 1910 S. 9, neuerdings mitteilt, hat ihn auch bereits L. Boltzmann darauf aufmerksam gemacht, daß die nur bei großer Annäherung der Moleküle im Moment des Zusammenstoßes sich geltend machende Attraktionskraft nicht durch einen Binnendruck ersetzt gedacht werden könne. Durch Versuche, die Zustandsgleichung mit den Tatsachen in Übereinstimmung zu bringen, ist dann van der Waals zu dem Ergebnis gekommen, es gebe hierzu nur ein Mittel, die Annahme einer »Scheinassoziation« der Moleküle, d. h. einer Polymerisierung, welche keine eigentlich chemische, dem Avogadroschen Gesetz entsprechende, sondern eine physikalische Aneinanderlagerung der Moleküle (sog. Molekülverbindung) ist. Das ist aber genau dieselbe Annahme, zu welcher ich (zu gleicher Zeit, als van der Waals seine, die bisherige Identitätstheorie der Aggregatzustände mathematisch formulierende Zustandsgleichung aufstellte), durch meine Untersuchungen über »physikalische Isomerie« (Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 122, 1877, Dissert. 1876) gelangt war, mit dem einzigen Unterschied, daß ich die Molekülgruppen als Flüssigkeitsmoleküle auffaßte. Siehe auch O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910; J. D. van der Waals, Beibl. **34**, 1246, 1910; **35**, 919, 1910; J. J. van Laar, ebenda **36**, 1150, 1912. H. Kammerlingh-Onnes und W. H. Keesom, Die Zustandsgleichung, Enzykl. Math. Wiss. **5** (10), 687, 1912; van Rij, Scheinassociation, Diss. Amsterdam 1908, S. 85; und Jäger in Winkelmanns Handb. d. Phys. III, 2. Aufl. Leipzig 1906, S. 711.

die Formel $v - b$, also muß b dem Gesamtvolumen der Moleküle entsprechen[1]. Man hat so für Sauerstoff gefunden

$$N = 450 \cdot 10^{24}$$

also auch die Molekülzahl N/M pro kg wieder in guter Übereinstimmung mit den andern Werten, obschon die Sauerstoffmoleküle jedenfalls nicht kugelförmig sind, wie bei der Berechnung angenommen wurde. Perrin findet für Argon, bei dem die Annahme eher zutreffen dürfte, da es ein einatmiges Gas ist,

$$N = 620 \cdot 10^{24}$$

welcher Wert wesentlich besser dem bei Emulsionen gefundenen entspricht.

Übrigens machen sich anscheinend bei konzentrierteren Emulsionen Abstoßungskräfte zwischen den Partikelchen geltend, so daß auch hier das einfache Gasgesetz nicht mehr zutreffend erscheint. The Svedberg[2] fand aber, daß die Abweichungen davon mit abnehmender Teilchengröße immer kleiner werden. Bei größeren Kügelchen spielen sicherlich auch hydrodynamische Fernkräfte in dem flüssigen Medium eine Rolle[3], ferner ist nicht wahrscheinlich, daß sich Mastix- und Kautschukkügelchen, d. h. Aggregate von Molekülen, welche doch sicher nicht vollkommen elastisch sind, beim Zusammenstoß mit den Molekülen wie die vollkommen elastischen Moleküle verhalten sollen.

VII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Blau des Himmels.

Man kann sagen, ein großer Unterschied zwischen Suspensionen, Emulsionen und kolloidalen Lösungen einerseits und reinen Gasen

[1] J. D. van der Waals sagt selbst a. a. O. S. 3: »Zu meinem Erstaunen erkannte ich, daß die Größe, um welche das Volumen vermindert werden muß, veränderlich ist. Daß in äußerst verdünntem Zustand diese Größe, welche ich b genannt habe, das vierfache des Molekularvolumens ist, daß aber mit dem Kleinerwerden des äußeren Volumens diese Größe abnimmt und allmählich etwa auf die Hälfte sinkt.« Siehe ferner: Ph. Guye, Arch. sc. phys. nat. Genève **23**, 200, 1898; **9**, 528, 1900 u. H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 894, 1908. G. Tammann, (Ann. d. Phys. **37**, 975, 1912) hat nachgewiesen, daß für den flüssigen Zustand die Zustandsgleichung gar nicht mehr paßt. Der sog. Binnendruck a/v^2 wird hier vom Volumen unabhängig und die Konstante für 1 kg-Mol, welche für alle Gase 8319 ist, ist durchaus nicht mehr unabhängig von der Natur der Substanz, sie hat für jede Flüssigkeit einen andern Wert.

[2] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, Leipzig 1912, S. 169 und 201.

[3] Siehe v. Smoluchowski, Phys. Zeitschr. **13**, 1073, 1912.

und Flüssigkeiten andererseits bestehe darin, daß erstere trüb seien, mindestens einen durchgehenden Lichtstrahl zerstreuen (Tyndalleffekt zeigen), sowie daß sie das Licht polarisieren und zwar senkrecht zu der durch den einfallenden Strahl und das Auge des Beobachters gehenden Ebene, d. h. so, daß dies die Richtung der magnetischen Kräfte ist.

Schon bei Mastixniederschlägen in Wasser kann man aber beobachten, daß mit zunehmender Feinheit der Körnchen die Lösung immer durchsichtiger wird, allerdings nicht für alle Farben gleichmäßig, sondern so, daß bei Anwendung von weißem Licht der durchgehende Strahl mehr rötlich, das diffus zurückgeworfene Licht mehr bläulich ist, eine Erscheinung, mit deren Untersuchung sich schon Goethe beschäftigt hat.

Ein besonders auffälliges Beispiel ist ferner das vollkommen durchsichtige Goldrubinglas, dessen rote Farbe, wie sich beim Betrachten unter dem Ultramikroskop ergibt, lediglich durch feine in der farblosen Grundmasse gleichmäßig verteilte Goldpartikelchen verursacht wird, ebenso wie die von kolloidalen Goldlösungen, wie solche durch Fällen des Goldes aus Goldchloridlösungen durch Hydrazindichlorid oder durch Zerstäuben des Goldes in Wasser vermittelst des elektrischen Lichtbogens erhalten werden können.

Eingehende theoretische Untersuchungen hierüber haben (im Anschluß an ältere Arbeiten von Rayleigh[1]) L. Lorenz und J. C. Maxwell-Garnett, G. Mie[2] und R. Gans[3] ausgeführt.

Schon unendlich feine Trübungen durch Goldpartikelchen zeigen eine charakteristische Absorption des grünen Lichts, die nur von der Menge des suspendierten Metalls (der Konzentration) abhängt, nicht aber von dem Feinheitsgrad der Verteilung. Zusammenhängende Goldmassen (Blattgold) lassen dagegen vorwiegend blaugrünes Licht durch[4]. The Svedberg hat näher untersucht, ob schließlich bei äußerster Feinheit der Teilchen die

---

[1] Siehe Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekulardynamik usw. Deutsch von Weichstein, Teubner 1909 S. 248 u. ff.

[2] G. Mie, Ann. d. Phys. **25**, 377, 1908.

[3] R. Gans, Ann. d. Phys. **37**, 881, 1912. Vergl. ferner W. Steubing, Dissert. Greifswald 1908, H. Robitschek, Wien. Sitzb. **121** IIa, 1197, 1912 und C. Benedicks Arch. mat. astr. fys. **8**, Nr. 7 Taf. **2**, 1912.

[4] Vgl. E. Hagen u. H. Rubens, Ann. d. Phys. **8**, 449, 1912.

Absorptionskurve sich derjenigen nähert, welche bei molekularer oder chemischer Lösung beobachtet wird. Tatsächlich fand er dies zutreffend; es ließ sich ein vollkommener Übergang von kolloidalen zu kristalloiden Lösungen feststellen. Bei Gold konnte wegen mangelnder Löslichkeit der Beweis allerdings nur unvollkommen geführt werden, sehr gut dagegen bei organischen Farbstoffen[1].

Während manche kolloidale Lösungen völlig klar erscheinen, können umgekehrt kristalloide d. h. molekulare Lösungen bei intensiver Beleuchtung eine Art Trübung, den sog. Tyndalleffekt zeigen, z. B. Zuckerlösung, wie schon oben erwähnt wurde. Nach Rayleigh[2] erklärt sich sogar die blaue Farbe des Himmelslichtes in gleicher Weise durch Zerstreuung des Sonnenlichts an den Luftmolekülen, und tatsächlich ist das so zerstreute blaue Himmelslicht senkrecht zur Ebene, welche durch den einfallenden Lichtstrahl und das Auge des Beobachters geht, polarisiert. Die blaue Farbe ändert sich nur wenig, wenn man in völlig staubfreie Regionen, z. B. in Höhen von 3000 m emporsteigt; woraus folgt, daß nicht etwa Staubteilchen die Ursache der Lichtzerstreuung sein können.

Wird der Himmel in einer Richtung betrachtet, welche mit der Vertikalen einen Winkel φ und mit den Sonnenstrahlen einen Winkel β bildet, so sind die Lichtstärken e und E, welche man im Brennpunkt eines abwechselnd auf diese Himmelsrichtung und auf die Sonne eingestellten Objektivs erhält, bestimmt durch die Gleichung

$$N = \left(9\,\pi^3\,\omega^2\,\frac{1+\cos^2\beta}{2\cos\varphi}\right)\,\frac{p \cdot R \cdot E}{M \cdot g \cdot \lambda^4 \cdot e},$$

wobei ω den halben Durchmesser der Sonne, p den Luftdruck am Orte der Beobachtung, g die Fallbeschleunigung, M das Molekulargewicht, R das molekulare Brechungsvermögen der Luft $\left(= \frac{M}{d}\,\frac{n^2-1}{n^2+2}\right.$, falls d die Dichte und n der Brechungsquotient)

[1] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle 1912 S. 29.

[2] Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) **47**, 375, 1899; Lord Kelvin, Phil. Mag. (6) **4**, 281, 1912. Ist J_0 die ursprüngliche Intensität des Lichtes, J diejenige nach Durchlaufen der Strecke x, bedeutet ferner Δ das Volumen der Moleküle in 1 ccm Luft im Normalzustand und 22400 das Volumen von 1 g-Mol, so ist $J = J_0 \cdot e^{-hx}$, worin $h = \frac{24\,\pi^3}{\lambda^4} \cdot \frac{\Delta^2}{N} \cdot 22400$. Von Langevin wurde diese Formel auch aus der elektromagnetischen Lichttheorie abgeleitet.

und N die Avogadrosche Zahl bedeutet. Es folgt daraus, wenn die Avogadrosche Zahl als bekannt vorausgesetzt wird, daß das äußerste sichtbare Violett des Spektrums eine ungefähr 16 mal stärkere Zerstreuung erleidet als das äußerste Rot, was die wirkliche blaue Farbe des Himmels gut erklärt. Umgekehrt ist es natürlich möglich durch spektrophotometrische Untersuchung des blauen Himmelslichts die Avogadrosche Zahl zu bestimmen. Aus Beobachtungen von Sella, welcher auf dem Monte Rosa[1] gleichzeitig die Helligkeit des Himmels im Zenith und 40° über dem Horizont bestimmt hat, kann man nach Perrin (a. a. O. 289) schließen, daß die Zahl der Moleküle pro Kilogrammol zwischen $300 \cdot 10^{24}$ u. $1500 \cdot 10^{24}$ liegen muß, somit auch die so bestimmte Zahl N/M der Moleküle pro kg mit den früher gefundenen Zahlen übereinstimmt. Genauere Untersuchungen mittelst des Spektrophotometers[2] sind (brieflicher Mitteilung zufolge) im Gange, doch zurzeit noch nicht abgeschlossen.

VIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Dielektrizitätskonstanten.

Auf eine wieder von allen bisher beschriebenen verschiedene Methode finden wir den Wert der Avogadroschen Zahl, indem wir ein Gas oder eine isolierende Flüssigkeit in ein elektrisches Feld bringen. Wird dieses z. B. von zwei parallelen entgegengesetzt elektrischen Metallplatten erzeugt, so ist die Ladung des von denselben gebildeten Kondensators, wenn der Raum zwischen den Platten vollkommen leer ist: $C = \frac{F}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \pi \delta}$ Farad, wenn F die Flächengröße der Platten in Quadratmetern und δ ihr Abstand in Metern ist. Bringt man ein Gas oder eine isolierende Flüssigkeit zwischen die Platten, so wird die Kapazität η mal größer, wenn η die Dielektrizitätskonstante ist. Als Ursache kann man sich vorstellen, jedes Atom werde influenziert, wie wenn es ein leitendes Kügelchen wäre, derart daß die den

[1] Auf dem Monte Rosa befindet sich ein für physikalische Untersuchungen gut eingerichtetes Laboratorium, bezeichnet als »Laboratori scientifici Angelo Mosso«, das Hauptlaboratorium in 3000 m Höhe, das Nebenlaboratorium in 4600 m Höhe. Beschreibung siehe Rivista di Ingegneria sanitaria e di Edilizia Moderna, 1911 (von L. Pagliani e A. Aggazzotti). Direktor ist Prof. A. Aggazzotti in Turin, 30 Corso Raffaelo.

[2] Von L. Brillouin nach d. Methode v. Bauer u. Moulin (Radium, 1910).

Platten zugewandten Seiten entgegengesetzt elektrisch werden wie diese. Natürlich ist diese Vorstellung[1] nicht korrekt — man kann die Atome nicht als vollkommene Leiter der Elektrizität betrachten —, immerhin erhält man durch die Betrachtung wenigstens annähernd die Zahl der Moleküle per Kilogrammol. Sie findet sich z. B. für Argon kleiner als $2000 \cdot 10^{24}$, also wieder der Größenordnung nach übereinstimmend mit den früher gefundenen Werten (Perrin l. c. S. 235), demgemäß ebenso auch der Wert von N/M, der Molekülzahl pro kg.

IX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Gesetzen der Elektrolyse.

Bei Messung der Dielektrizitätskonstante beobachtet man auch ein sehr schwaches Leitungsvermögen des Gases, welches einen gewissen Übergang herstellt zu dem Verhalten von elektrolytisch und von metallisch leitenden Flüssigkeiten. Aufklärung über die elektrolytische Leitung haben zuerst Faradays Ergebnisse über die Beziehungen zwischen Stromstärke und Menge der Zersetzungsprodukte gebracht. Hiernach sind z. B. zur Ausscheidung von jedem Kilogramm Wasserstoff, gleichviel wie und aus welcher Verbindung dies geschieht, 96 540 000 Coulomb nötig oder zur Ausscheidung von 1 kg-Mol $2 \cdot 96\,540\,000$, oder zur Ausscheidung von 1 Molekül $\frac{2}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb, wenn N die Avogadrosche Zahl, die Anzahl Moleküle in einem Kilogrammmol bedeutet. Hierdurch gelangte v. Helmholtz[2] zu der Vorstellung, ein Wasserstoff-Ion, d. h. ein Wasserstoffatom, welches zur Kathode hinwandert, sei eine Verbindung eines materiellen Atoms mit einem Elektrizitätsatom, einem Elektron, da auf keine Weise möglich ist, eine kleinere Elektrizitätsmenge als $\frac{1}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb herzustellen und bei der Elektrolyse nicht nur jedes Wasserstoffatom, sondern, den Faradayschen Gesetzen zufolge, auch jedes andere einwertige Atom mit dieser Elektrizitätsmenge

[1] Nach Clausius und Mossotti siehe R. Clausius, Mech. Wärmetheorie **2**, 94, 1879; E. Dorn, Wied. Ann. **13**, 378, 1881; F. Exner, Wien. Sitzb. **91** (2) 850, 1885; H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 894, 1908 und P. Debye, Physik. Zeitschr. **13**, 97, 1912. Es ist $A = \frac{\eta - 1}{\eta + 2}$, wenn A das Volumen aller Moleküle in 1 ccm ist.

[2] H. v. Helmholtz, Vorträge und Reden II S. 275, 1881.

verbunden erscheint, während 2, 3, 4 . . . p wertige Ionen das 2, 3, 4 . . . . p-fache dieser Elektrizitätsmenge mit sich führen, so daß der Eindruck einer beschränkten Teilbarkeit der Elektrizität entsteht. Helmholtz selbst sagt: »Wenn wir Atome der chemischen Elemente annehmen, so können wir nicht umhin, weiter zu schließen, daß auch die Elektrizität, positive sowohl wie negative, in bestimmte elementare Quanten geteilt ist, die sich wie Atome der Elektrizität verhalten. Jedes Ion muß, solange es sich in der Flüssigkeit bewegt, mit je einem elektrischen Äquivalent für jeden seiner Valenzwerte vereinigt bleiben.«

Wäre es also möglich, dieses Elementarquantum, d. h. den Wert $\frac{1}{N}$ 96540000 auf irgend eine Weise zu bestimmen, so wäre damit ein neues Mittel gewonnen, die Avogadrosche Zahl N zu ermitteln. Nun hat sich gezeigt, daß hierzu die Ermittelung der elektrischen Ladung von Staubteilchen oder kleinen Tröpfchen in der Luft dienen kann; denn genau so, wie die Ionen, beladen sich auch diese, gleichviel auf welchem Wege sie elektrisch gemacht werden, immer nur mit einem ganzen Vielfachen eines Elementarquantums (bei Atomen Valenzladung genannt), welches auch ihre Größe, d. h. ihre Kapazität sein mag, während sie natürlich bei unbeschränkter Teilbarkeit der Elektrizität unter gleichen Umständen eine um so größere Ladung aufnehmen müßten, je größer ihre Kapazität d. h. bei kugelförmiger Gestalt des Radius ist. Diese gleichmäßige, von der Kapazität unabhängige minimale Ladung aller kleinen Stäubchen und Tröpfchen und ihre sprungweise Zunahme bei stetiger Zufuhr von Elektrizität ist ein glänzender Beweis der Richtigkeit der Helmholtzschen Elektronentheorie.

Der experimentelle Beweis wurde zuerst von Townsend[2] erbracht, sodann von J. J. Thomson[3] und C. T. R. Wilson[4], deren Versuchsmethode dann noch wesentlich durch andere Forscher verbessert und in zahlreichen verschiedenartigen Fällen mit bestem Erfolge zur Anwendung gebracht wurde[5].

---

[2] Townsend, Phil. Mag. **44**, 125, **45**, 125, 1898; Phil. Trans. of the Roy. Soc. **193**, 129, 1900.

[3] J. J. Thomson, Phil. Mag. **46**, 528, 1898; **48**, 557, 1819.

[4] C. T. R. Wilson, Phil. Mag. **5**, 429, 1903.

[5] Millikan u. Begemann, Phys. Rev. **30**, 197, 1908; **31**, 41, 1910; **32**, 349, 1911. Ehrenhaft, Phys. Zeitschr. 308, 1909. De Broglie, Compt. rend.

Die Methode besteht einfach darin, daß man einen Nebel, der entweder von Natur aus elektrisch ist oder auf irgend eine Weise elektrisch gemacht wurde, zwischen die horizontalen entgegengesetzt geladenen Platten eines Luftkondensators bringt und die einzelnen Tröpfchen mittelst eines horizontal gerichteten Mikroskops beobachtet. Solange die Kondensatorplatten noch unelektrisch sind, sieht man die Partikelchen in lebhafter Brownscher Bewegung begriffen. Sobald nun die Kondensatorplatten an die Pole der Elektrizitätsquelle angeschlossen werden, bemerkt man im Allgemeinen drei Gruppen von Tröpfchen. Die einen wandern im Sinne der elektrischen Kraft des Feldes, sind also positiv geladen, die andern gehen im entgegengesetzten Sinne, sind also negativ geladen, endlich die der dritten Gruppe bewegen sich unverändert wie zuvor hin und her, sind also unelektrisch. Man widmet seine Aufmerksamkeit speziell denjenigen, welche durch die elektrische Kraft des Feldes aufwärts bewegt werden. In der Regel werden sie gleichzeitig durch die Schwere langsam nach unten gezogen. Man kann nun die Ladung des Kondensators so wählen, daß die Schwere gerade kompensiert wird, die Tröpfchen also immer an derselben Stelle verharren und nur die zitternde Brownsche Bewegung zeigen. Dies gelingt aber nicht für alle Teilchen, auch wenn sie alle gleich elektrisch sind, eben weil sie nicht nur ein, sondern auch zwei, drei, vier usw. Elektronen aufgenommen haben können. Regelt man aber die Ladung des Kondensators derart, daß der Reihe nach die Kraft die zwei-, drei-, vierfache . . . wird, so wird jeweils der Fall der betreffenden Gruppe von Teilchen gehindert. Man hat so einen Beweis, daß deren Ladung nicht beliebig, sondern nur staffelweise veränderlich ist, außerdem ergibt sich aber so die Größe des Elektrons, denn die Kraft, welche auf eine elektrische Masse von Q Coulomb zwischen den Platten eines Kondensators, welche l Meter Abstand und E Volt Spannungsdifferenz haben, einwirkt, beträgt $\frac{E}{l} \cdot Q$ Dezimegadynen und muß, da die Fallbe-

mai, 1909. R. A. Millikan, Phil. Mag. **19**, 209, 1910; Phys. Zeitschr. **11**, 1, 1097, 1910. L. Begemann, Phys. Rev. **30**, 131, 1910. Ehrenhaft, Sitzb. d. Wien. Akad. **118** u. **119** (IIa) 815, 1910 u. Phys. Zeitschr. **10** u. **12**, 261, 1911. K. Przibram, Sitzb. d. Wien. Akad. **117** (IIa) 665, 1908 **118**; (IIa) 331, 1909; **119** (IIa) 869, 1719, 1910; **120** (IIa) 49, 1911 (auch Phys. Zeitschr. **12**. 62, 260) u. 639, 1911. E. Weiß, Sitzb. d. Wien. Akad. **120** 1021, 1911.

wegung gehindert wird, gerade gleich dem Gewichte der Partikelchen sein, welches leicht aus ihrem spezifischen Gewicht und dem eventuell mittelst des Stokesschen Gesetzes zu bestimmenden Radius ermittelt werden kann. So ergab sich für das Elementarquantum der Wert $0{,}156 \cdot 10^{-18}$ Coulomb und demgemäß für die Avogadrosche Zahl $640 \cdot 10^{24}$, d. h. in einem Kilogrammol (2 kg Wasserstoff) sind $640 \cdot 10^{24}$ Moleküle oder in einem Kilogramm Wasserstoff $640 \cdot 10^{24}$ Atome enthalten, in bester Übereinstimmung mit den früheren Werten.

Bemerkt sei noch, daß auch nach ähnlichem Prinzip, wie oben bei Diffusion, der Wert des Elementarquantums durch Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen erhalten werden kann, indem man berücksichtigt, daß hierbei die elektrische Kraft die treibende Kraft ist. Auch auf diese, weniger genaue Weise erhält man der Größenordnung nach stimmende Werte[1].

X. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Beim Durchgang des Stromes durch Gase findet eine Abscheidung von Zersetzungsprodukten an den Elektroden wie bei der Elektrolyse nicht statt, somit muß Bewegung freier Elektronen in Gasen möglich sein. In der Tat lassen sich die Erscheinungen an der Kathode nur so verstehen, daß negative Elektronen getrieben von der elektrischen Kraft des Feldes, welche nach dem Gesagten bei l Meter Abstand der Elektroden und E Volt Spannungsdifferenz derselben $K = \frac{E}{l} \cdot Q$ Dezimegadynen beträgt, wenn Q die Ladung eines Elektrons ist, sich geradlinig und senkrecht zur Elektrodenoberfläche fortbewegen und schließlich solche Wucht annehmen, daß sie Moleküle, auf welche sie treffen, zertrümmern und neue Elektronen daraus frei machen, wodurch dann die Stromstärke einen weit größeren Wert erlangt, als sie ohne solche Ionisierung des Gases durch Elektronenstoß hätte erreichen können. Die Geschwindigkeit v der Kathodenstrahlteilchen läßt sich direkt bestimmen, ihre kinetische Energie $\frac{1}{2} m v^2$ muß gleich der geleisteten Arbeit $K \cdot l$, d. h. wenn sie die Spannungsdifferenz E Volt frei durchlaufen haben, $E \cdot Q$ Joule sein.

[1] H. Pellat, Cours de l'Electricité, III, Paris 1908, Gauthier-Villars.

Also hat man $E Q = \frac{1}{2} m v^2$ Coulomb, worin E bekannt ist und v und m durch die Ablenkung in einem elektrischen oder magnetischen Felde bestimmt werden können. Auch so findet man also wieder auf ganz anderem Wege das Elementarquantum $Q = \frac{m \cdot v^2}{2 E}$ und damit, da, wie oben dargelegt $Q = \frac{1}{N}$ 96 540 000 ist, die Avogadrosche Zahl N. Versuche in dieser Art haben zuerst A. Schuster[1], E. Wiechert[2] und J. J. Thomson[3] ausgeführt. Sie sind später vielfach wiederholt und mit größerer Präzision durchgeführt worden[4]. Der so gefundene Wert der Avogadroschen Zahl N, somit auch die Zahl N/M der Moleküle in 1 kg ist wieder in Übereinstimmung mit den früheren.

XI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch magnetische Ablenkung der Kanalstrahlen.

Freie positive Elektronen werden weder bei Durchgang der Elektrizität durch Gase noch sonstwie beobachtet. Beim Durchgange des Stromes durch verdünnte Gase beobachtet man allerdings eine Art Strahlen, die Kanalstrahlen, die sich von der Anode fortbewegen und positive Elektrizität mit sich führen, doch ist deren Masse durch die magnetische Ablenkung bestimmt so groß, daß angenommen werden muß, die Elektronen seien nicht frei, sondern mit Atomen verbunden. Schreibt man ihnen tatsächlich die Masse solcher zu, so ergibt sich aus ihrer Ablenkung im Magnetfeld ein Wert für die elementare Ladung Q und damit für die Avogadrosche Zahl, sowie die Molekülzahl pro kg, der ebenfalls mit den früher gefundenen Werten harmoniert.

XII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch das Funkeln bei Radiumbestrahlung.

Merkwürdigerweise gibt es sog. radioaktive Stoffe, deren Atome in beständigem Zerfall begriffen sind und ohne Unterlaß infolge der in ihrem Innern enthaltenen Energie positive Ionen

[1] A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 317, 1884; **47**, 526, 1890; Wied. Ann. **65**, 887, 1898.

[2] E. Wiechert, Abh. phys.-ökon. Ges. Königsberg **38**, 1, 1897.

[3] J. J. Thomson, Phil. Mag. **44**, 293, 1897; **48**, 547, 1899.

[4] Siehe auch J. Stark, Die Prinzipien der Atomdynamik. Leipzig 1910, Hirzel; ferner Landolt-Börnsteins Physikal. chem. Tabellen. Berlin 1912, Springer (4. Aufl.) S. 261.

und negative Elektronen in Form von α- bezw. β-Strahlen, die den Kanal- und Kathodenstrahlen entsprechen, aussenden. Benützt man kleine Mengen dieser Substanzen und läßt die Strahlen durch kleine Öffnungen für sie undurchdringlicher Körper hindurchgehen, so kann man direkt wahrnehmen, daß es einzelne Körperchen sind, die fortgeschleudert werden, insofern z. B. ein davon getroffener Zinksulfidschirm oder Diamantdünnschliff szintilliert (funkelt), d. h. blitzartig jeweils nur da und dort aufleuchtet, wo er von solchen Teilchen getroffen wird. Das Szintillieren durch α-Strahlen bildet geradezu einen direkten Beweis der Existenz von materiellen Atomen, das Szintillieren beim Auftreffen von β-Strahlen beweist die Existenz freier Elektrizitätsatome oder Elektronen. Derartige Untersuchungen[1] sind zuerst von Rutherford und Geiger ausgeführt worden in der Weise, daß sie die α-Strahlen erst durch eine gegen 4 Meter lange evakuierte Röhre und dann durch ein Diaphragma mit veränderlicher Öffnung hindurchgehen ließen. Je enger man letztere nahm, um so kleiner wurde die Zahl der auf den Schirm gelangenden α-Teilchen, so daß die Zahl der Lichtblitze bequem gezählt werden konnte, also auch die Zahl der von einem Gramm pro Sekunde ausgehenden α-Teilchen. Diese fand sich $= 34 \cdot 10^9$ (34 Milliarden) für das Radium selbst und ebensogroß für jedes der drei damit im Gleichgewicht stehenden (α-Strahlen aussendenden) Zersetzungsprodukte. Weiterhin wurde, indem man die Strahlen auf eine mit einem Elektrometer in Verbindung stehende, im Vakuum befindliche Metallplatte auffallen ließ, an welche sie ihre Ladung abgaben, durch Division mit der genannten Zahl die Ladung eines einzelnen α-Teilchens (eines Heliumatoms) bestimmt. Sie ergab sich $= 0{,}3 \cdot 10^{-18}$ Coulomb. Aus andern Versuchen ergibt sich, daß ein Heliumatom zwei Elementarquanten aufnimmt, so daß also das Elementarquantum d. h. $\frac{1}{N} \cdot 96540000$ Coulomb die Hälfte, d. h. $0{,}15 \cdot 10^{-18}$ Coulomb sein muß, was wieder mit dem früher gefundenen Wert stimmt, somit auch denselben Wert der Avogadroschen Zahl N sowie der Molekülzahl pro kg ergibt.

[1] Rutherford u. Geiger, Royal Soc. juin 1908; Physik. Zeitschr. **10**, 1, 42, 1909; E. Regener, Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 78, 1908; Berl. Ber. **38**, 948, 1909; **14**, 400, 1912. Weitere Literatur siehe E. Rutherford, Physik. Zeitschr. **10**, 762, 1909 und G. Hoffmann, Physik. Zeitschr. **13**, 1030, 1912.

XIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch die Stromstöße bei Radiumstrahlung.

Da man einwenden konnte, möglicherweise entspreche die Zahl der Lichtblitze auf dem Fluoreszenzschirm nicht genau der Zahl der auftreffenden α-Teilchen, insofern einzelne Stellen des Schirms vielleicht unwirksam wären, machten dieselben Forscher die gleiche Bestimmung noch in ganz anderer Weise. Sie ließen die aus dem Diaphragma kommenden α-Teilchen in eine Art Geißlerschen Röhre eintreten, deren Elektroden auf solcher Spannung gehalten wurden, daß eben keine Entladung eintrat, somit ein angeschlossenes Elektrometer immerfort seinen Stand beibehielt. Das Eintreten eines α-Teilchens mußte nun durch Zertrümmerung von Gasmolekülen die Bildung zahlreicher Elektronen, somit Stromdurchgang und plötzliches Sinken der Spannung veranlassen. In der Tat entsprach die so beobachtete Zahl von Schwankungen der Elektrometernadel genau der zuvor durch die Zahl der Lichtblitze ermittelten Zahl von α-Teilchen. Würde man somit auf Grund solcher Versuche die Avogadrosche Zahl oder die Molekülzahl pro kg bestimmen, so wäre das Ergebnis abermals genau dasselbe.

XIV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Wärmeproduktion des Radiums.

Die Wärmeproduktion des Radiums muß der kinetischen Energie der α-Teilchen äquivalent sein, die durch Ablenkung der α-Strahlen im elektrischen Felde genau bestimmt werden kann[1]. Man fand so die kinetische Energie der α-Teilchen, welche 1 g Radium (und zwar aller 4 darin im Gleichgewicht befindlichen Gruppen) pro Sekunde aussendet $= 4{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot Q$ Joule pro Sekunde, wenn n die Zahl der pro Sekunde zerfallenden Radiumatome bedeutet und Q die Ladung eines α-Teilchens. Wie durch die vorher beschriebene Versuche ermittelt, ist $n = 34 \cdot 10^9$, so daß die entstehende Wärmemenge pro Sekunde, insofern 4189 Joule = 1 Kalorie sind, $\frac{4{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}4 \cdot 10^{10}}{4189} \cdot Q$ Kalorien pro Sekunde betragen muß. Tatsächlich ergeben die Messungen 0,110 Kalorien pro Stunde, also $\frac{0{,}110}{3600}$ Kal. pro Sek. Durch Gleichsetzung

[1] Rutherford, Phil. Mag. **12**, 2, 348, 1906.

beider Ausdrücke folgt für die aus 2 Quanten ($= \frac{2}{N} \cdot 96\,540\,000$) bestehende Ladung eines α-Teilchens $Q = 0{,}303 \cdot 10^{-18}$ Coulomb, somit wieder derselbe Wert der Avogadroschen Zahl und der Molekülzahl pro kg, wie oben.

XV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Halbwertperiode des Radiums.

Die Strahlung des Radiums nimmt mit der Zeit ab nach dem Gesetze $J_t = J_o \cdot e^{-\lambda t}$, wobei J_o die Anfangsaktivität und J_t die nach Ablauf von t Sekunden noch vorhandene Aktivität bedeutet. λ wird als Abklingungskonstante, $\frac{1}{\lambda}$ als Relaxationszeit oder mittlere Lebensdauer bezeichnet, $\frac{\log \text{nat } 2}{\lambda}$ (d. h. die Zeit für welche $J_t = \frac{1}{2} J_o$ wird) als Halbierungskonstante. Nach Boltwood[1] ist das Radium nach Verlauf von 2000 Jahren zur Hälfte zerfallen. Ist nun P die Zahl der in 1 g Wasserstoff vorhandenen Atome, so ist, da das Atomgewicht des Radiums 226 beträgt, die Zahl der Atome in einem Gramm Radium $\frac{P}{226}$. Davon muß in 2000 Jahren die Hälfte zerfallen, also in einer Sekunde $1{,}09 \cdot 10^{-11}$ Gramm Radium oder die Zahl $\frac{1{,}09 \cdot 10^{-11} \cdot P}{226}$ Atome. Sie muß gleich der Zahl der pro Sekunde fortgeschleuderten α-Teilchen, also $= 34 \cdot 10^9$ sein. Durch Gleichsetzung ergibt sich P und damit die Zahl der Moleküle in 1 kg Wasserstoff wieder in Einklang mit den übrigen Bestimmungen.

XVI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Heliumproduktion des Radiums.

Die Menge Helium[2], welche pro Sekunde aus 1 g Radium entsteht, ist nach Dewar[3] $\frac{0{,}37}{24 \cdot 3600}$ ccm (pro Jahr 158 ccm). Sie muß nach dem oben dargelegten $4 \times 34 \cdot 10^9$ Atome enthalten. Nun ist 1 kg-Mol = 22,4 cbm, = $22{,}4 \cdot 10^6$ ccm, enthält also $N = \frac{4 \cdot 34 \cdot 10^9 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^6 \cdot 22{,}4}{0{,}37}$ Atome. So findet sich[4] für die

[1] Boltwood, Phys. Zeitschr. **9**, 502, 1908.

[2] Die α-Teilchen sind Heliumatome mit je zwei Elementarquanten beladen, s. E. Rutherford, Phil. Mag. **12**, 2, 348, 1906.

[3] Dewar, Phys. Zeitschr. **10**, 765, 1910.

[4] Moulin, Le Radium **6**, 164, 1909.

Avogadrosche Zahl N der Wert $710 \cdot 10^{24}$ in bester Übereinstimmung mit den übrigen Werten, ebenso auch N/M, die Molekülzahl pro kg.

XVII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Stromschwankungen bei Radium.

Wie bereits bemerkt, schwankt die Nadel eines durch großen Widerstand zur Erde abgeleiteten Elektrometers, welchem die Elektrizität der α-Strahlen zugeführt wird, um so mehr, je mehr man den Querschnitt des Bündels vermindert, da schließlich nur noch zeitweise einzelne α-Teilchen auftreffen. Diese Schwankungen der Stromstärke ermöglichen, wie E. Meyer u. E. Regener[1] zeigen, ebenfalls die Bestimmung der Avogadroschen Zahl. An sich wäre nämlich wohl denkbar, daß bei einem radioaktiven Körper alle Atome gleichzeitig zerfallen würden; daß dies tatsächlich nie eintritt, liegt eben daran, daß das Ende der Lebenszeit jedes einzelnen Atoms zu verschiedenen Zeiten erreicht wird. Es ist also der Zufall, der das Zerfallen eines bestimmten Atoms bedingt, somit wird sich der Zerfallsprozeß nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit abspielen.

In der Tat läßt sich so, wie E. v. Schweidler[2] gezeigt hat, das Zerfallgesetz: $J_t = J_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ableiten und auch die Größe der Stromschwankungen bei geringer Zahl der zerfallenden Atome. Es ist nämlich der Mittelwert der Schwankung $\bar{\varepsilon} = \frac{1}{\sqrt{Z}}$, wenn Z die Anzahl der Atome bedeutet, welche innerhalb der Zeit t zur Umwandlung gelangen würden bei strenger Gültigkeit des Zerfallgesetzes, d. h. wenn von einer sehr großen Zahl n_0 gleichartiger radioaktiver Atome, die nach der Zeit t noch vorhandene Zahl der Atome n gegeben ist durch die Gleichung $n = n_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Die Zahl Z läßt sich abändern durch Bedecken des radioaktiven Präparates mit Diaphragmen. Die Schwankung ergibt sich aus den Schwankungen der Ausschläge des Elektrometers infolge des durch die Aussendung der α-Teilchen bedingten elektrischen Stromes. Nach E. Rutherford[3] erzeugt ein α-Teilchen, das (von

[1] E. Meyer u. E. Regener, Ann. d. Phys. **25**, 757, 1908. Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 1, 1908.

[2] E. v. Schweidler, Beibl. **31**, 356, 1907; Ed. Meyer, Jahrb. Rad. El. **5**, 423, 1918.

[3] E. Rutherford, Phil. Mag. (6) **10**, 207, 1905.

Radium selbst) im Zustande seiner Minimalaktivität fortgeschleudert wird, bei seiner Absorption in Luft 86 000 Ionenpaare[1]. Für das tatsächlich verwendete Poloniumpräparat war in Rücksicht auf dessen größere Reichweite (3,86 cm gegen 3,50 cm bei Radium) diese Zahl von Ionenpaaren = 94 000 zu setzen. Demgemäß war der durch den Zerfall von Z Atomen in t Sekunden entstehende Strom $i = \frac{Z}{t} \cdot 94\,000 \cdot Q$, wo Q die Ladung eines Ions bedeutet, also wird $\varepsilon = \sqrt{\frac{9400 \cdot Q}{i \cdot t}}$ oder $Q = \frac{\varepsilon^2 \cdot i \cdot t}{94\,000}$. Für $t = 1$ Sekunde ergab sich aus den Beobachtungen $Q = 0{,}04 \cdot 10^{-18}$ Coulomb, was wenigstens der Größenordnung nach mit den oben erwähnten Werten des Elementarquantums ($= \frac{1}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb) stimmt, so daß gleiches auch für die daraus abgeleitete Avogadrosche Zahl gelten muß. Mit Rücksicht auf die große Unsicherheit der Bestimmung der Zeitdauer der Schwankungen ist die Übereinstimmung befriedigend.

XVIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Konzentrationsschwankungen bei Radium.

In radioaktiven Lösungen muß die Unregelmäßigkeit des Atomzerfalls zu Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Konzentration führen, ebenso wie bei einer Emulsion die Verteilung der einzelnen Partikelchen infolge der Brownschen Wimmelbewegung keine gleichmäßig dichte ist, sondern bald hier bald dort ganz zufällig sich dichtere Anhäufungen der Partikelchen erkennen lassen. Bei radioaktiven Lösungen geben sich diese fortwährenden Konzentrationsschwankungen an den verschiedenen Stellen durch beständigen Wechsel der Strahlungsintensität kund, die z. B. an einem darübergebrachten Fluoreszenzschirm beobachtet werden kann. Auch diese Schwankungen genügen der Formel von v. Schweidler und können somit wie die vorigen zur Bestimmung der Avogadroschen Zahl und der Molekülzahl pro kg dienen. Derartige Untersuchungen sind mit dem erwarteten Erfolge von The Svedberg[2] ausgeführt worden.

[1] Über die Sichtbarmachung des Schußkanals in Form eines Nebelstreifens siehe H. A. Wilson, Proc. Cambridge **84**, 1911.

[2] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, 1912, S. 203.

XIX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Strahlung absolut schwarzer Körper.

Ein anderer, wieder vollkommen verschiedener Weg zur Gewinnung der Avogadroschen Zahl ergibt sich aus dem Gesetz der Strahlung eines absolut schwarzen Körpers[1], wie M. Planck[2] gezeigt hat. Der elektromagnetischen Lichttheorie zufolge setzt völlige Absorption des Lichtes metallische Leitung voraus. Während nun aber die Leitung der Elektrizität in Elektrolyten durch Ionen vermittelt wird und in Gasen durch Kathoden- und Kanalstrahlen, muß gemäß der von J. J. Thomson und Drude[3] aufgestellten kinetischen Theorie der Metalle angenommen werden, die metallische Leitung werde durch freie negative Elektronen bewirkt, welche sich im wesentlichen wie Moleküle eines Gases bewegen, also um so rascher, je höher die Temperatur steigt und zwar so, daß ihre kinetische Energie immer gleich der eines Gasatoms bei derselben Temperatur ist. Durch diese Annahme ergeben sich nämlich das Wiedemann-Franzsche Gesetz der Übereinstimmung von thermischer und elektrischer Leitfähigkeit und verschiedene andere Eigentümlichkeiten der Metalle. Die hin- und herschießenden Elektronen müssen nun, gemäß den elektromagnetischen Grundgesetzen, jedesmal wenn sich ihre Bewegungsrichtung ändert, elektromagnetische Strahlung aussenden und zwar nach der Berechnung von Lorentz und Langevin derart, daß ein Kubikmeter eines absolut schwarzen Körpers an Strahlen, deren Wellenlänge zwischen λ und $\lambda + d\lambda$ liegt, den Energiebetrag $dA = \frac{16\pi}{3} W \frac{d\lambda}{\lambda^4}$ aussendet, wobei W die kinetische Energie eines Elektrons ist, die nach der älteren Theorie von Planck gleich der eines Gasatoms, d. h. $= \frac{3}{2} \frac{8319 \cdot \tau}{N}$ sein muß, wenn τ die absolute Temperatur und N die Avogadrosche Zahl ist. Man hätte also $N = 8\pi \frac{8319 \cdot \tau}{\lambda^4} \frac{d\lambda}{dA}$, woraus sich durch Vergleich mit der

[1] Dieselbe ist gleich der aus einer kleinen Öffnung eines innen geschwärzten (nicht absolut schwarzen) Hohlraums austretenden Strahlung.

[2] Siehe M. Planck, Theorie d. Wärmestrahlung, Leipzig 1906; ferner das Referat von R. Pohl, Jahrb. Rad. El. **8**, 415, 1921.

[3] P. Drude, Phys. Zeitschr. **1**, 161, 1899; **1**, 566, 1900; **3**, 369, 1900; **7**, 687, 1902; E. Riecke, Phys. Zeitschr. **10**, 508, 1909; G. Jäger, Wien. Sitzb. **117** (IIa), 843, 869, 1908; J. Stark, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. **9**, 188, 1912.

von Lummer und Pringsheim wirklich gemessenen Strahlungsenergie ergeben würde $N = 770 \cdot 10^{24}$, also etwas mehr als nach den früheren Bestimmungen. Daß die Theorie, namentlich für kleinere Wellenlängen, nicht stimmt und durch die Energiequantentheorie verbessert werden muß, wurde bereits im vorigen Semester[1] dargelegt. Aus dieser verbesserten Theorie von M. Planck[2] ergibt sich der mit den früheren Bestimmungen sehr gut harmonierende Wert $N = 610 \cdot 10^{24}$.

XX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Zeemanphänomen.

Voraussichtlich wird man auch aus der Lumineszenzstrahlung nicht metallischer Körper, insbesondere aus der Verteilung der Spektrallinien in Emissionsspektren den Wert von N ermitteln können, da es, soweit bis jetzt ermittelt, schwingende positive Ionen sein müssen, die diese Strahlung erzeugen, so daß es möglich sein wird, durch Ausmessung des Spektrums den Wert des Elementarquantums die Ladung eines Elektrons zu finden[3]. Zurzeit ist aber die Theorie noch nicht genügend fortgeschritten. Nur in einer Weise hat sich vorläufig die Berechnung ausführen lassen, nämlich im Falle der Beeinträchtigung der Lichtemission durch magnetische Felder, welche von Zeeman[4] entdeckt wurde. Nach H. A. Lorentz[5] kann man sich davon folgende Vorstellung machen, wenigstens in den einfachsten Fällen. Schwingt ein Elektron unter der Einwirkung einer Kraft D (pro 1 m Auschlag) in gerader Linie, so ist seine Schwingungszahl $n_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{\mu}}$, wenn μ seine Masse bedeutet[6]. In einem Magnetfeld sind solche Schwingungen nur möglich, wenn die Richtung der Bewegung mit der der Kraftlinien zusammenfällt. Steht dieselbe aber senkrecht zu den

---

[1] O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **24**, 273, 1912.

[2] M. Plank, Ann. d. Phys. **37**, 642, 1912. Die neuesten Bestimmungen siehe S. Valentiner, Ann. d. Phys. **39**, 489, 1912.

[3] Siehe J. Stark, Die Prinzipien der Atomdynamik II, 1911.

[4] P. Zeeman, Phil. Mag. (5) **43**, 226, 1897.

[5] H. A. Lorentz, Wied. Ann. **63**, 278, 1897; siehe ferner J. Stark, Die Prinzipien d. Atomdynamik II, 1911, 146 u. W. Voigt, Magneto- und Elektrooptik, Leipzig 1908 S. 42.

[6] Siehe z. B. O. Lehmann, Leitfaden der Physik. S. 102, § 112.

magnetischen Kraftlinien, so erfolgt derartige Ablenkung, daß das Elektron gezwungen wird, sich in einem zu den Kraftlinien senkrechten Kreise zu bewegen, im einen oder andern Sinn, je nach der Art seiner Elektrisierung. Dabei ist, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit und r der Kreisradius, die tatsächliche Zentripetalkraft: $\mu \omega^2 r =$ der algebraischen Summe der Wirkung der quasielastischen Direktionskraft und der Wirkung des Magnetfeldes, d. h. $= D r \pm H \omega r Q$, wenn H die Stärke des magnetischen Feldes bedeutet[1]. Ist n die Frequenz der Schwingungen, so ist $2 \pi n = \omega$, also unter Berücksichtigung des für n_o gegebenen Ausdrucks: $4 \pi^2 n^2 = 4 \pi^2 n_o^2 \pm H \cdot 2 \pi n \cdot Q/\mu$ oder annähernd $n^2 = n_o^2 \pm H Q n_o / 2 \pi \mu$ oder $n = n_o (1 \pm H Q / 4 \pi \mu n_o)$.

Jede beliebige Schwingung kann in eine Komponente parallel und eine solche senkrecht zu den Kraftlinien zerlegt werden. Für einen in der Richtung der Kraftlinje fortschreitenden Strahl würde erstere einer longitudinalen elektrischen Welle entsprechen, die nicht existieren kann. Demgemäß werden nur zwei entgegengesetzt-zirkular-polarisierte Strahlen wahrgenommen und zwar muß, wenn das Elektron negativ ist, die Wellenlänge des rechtszirkularen Strahls größer sein als die des links-zirkularen, weil in jenem die elektromagnetische Kraft der quasielastischen Kraft entgegenwirkt. Infolge der Erregung des magnetischen Feldes zerspaltet sich also eine Spektrallinie in zwei, (ein Dublet), welche entgegengesetzt zirkular polarisiert sind. Ersetzt man n durch die Wellenlänge λ gemäß der Beziehung $\lambda = 3 \cdot 10^8 / n$, so ergibt sich $\lambda = \lambda_o (1 \mp H Q \lambda_o / 4 \pi \mu \cdot 3 \cdot 10^8)$ oder die Wellenlängenänderung $\Delta \lambda = H Q \lambda_o^2 / 4 \pi \mu \cdot 3 \cdot 10^8$ und $Q = \frac{\Delta \lambda \cdot 4 \pi \cdot \mu \cdot 3 \cdot 10^8}{H \cdot \lambda_o^2}$. Von einem Strahl, welcher sich senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien fortpflanzt, werden sowohl die transversal gerichteten Komponenten der beiden Kreisschwingungen, wie auch die hier transversal gerichtete Komponente in der Kraftlinienrichtung, d. h. eine Spektrallinie an der ursprünglichen Stelle wahrgenommen. In diesem Fall zerspaltet sich also jede Spektrallinie in drei, (ein Triplet) von welchen die mittlere, den Kraftlinien parallele, linear polarisiert ist, während die beiden äußeren senkrecht dazu linear polarisiert sind. Durch Vergleich des beobachteten $\Delta \lambda$ mit dem

---

[1] Siehe a. a. O. S. 253, § 112 und E. Warburg, Lehrb. d. Experimentalphysik 1912, 439.

berechneten ergibt sich die spezifische Ladung Q/μ des Elektrons, somit das Elementarquantum Q ($= \frac{1}{N} \cdot 96540000$ Coulomb) und daraus die Avogadrosche Zahl N, sowie die Zahl N/M der Moleküle pro kg.

Bei Helium- und Quecksilberlinien in schwachen Magnetfeldern wurde in der Tat Übereinstimmung mit den früher erhaltenen Werten gefunden, während in anderen Fällen die Theorie augenscheinlich noch einer Verbesserung bedarf, die genauere Kenntnis der Molekularstruktur erfordert. Die quasielastische Kraft würde sich als elektrische Kraft zwischen dem negativen Elektron und dem zugehörigen positiven Ion (Archion) deuten lassen, wenn sich das erstere im Innern des letzteren befände, man könnte somit aus dem Zeemaneffekt Schlüsse bezüglich der inneren Struktur der Atome ziehen. Dieses ist von um so größerem Interesse, als der Zerfall der Radiumatome, welcher sich unter bedeutender Wärmeentwicklung vollzieht, darauf hinweist, daß im Innern der Atome in äußerst heftiger Bewegung begriffene negative Elektronen vorhanden sein müssen.

J. Becquerel[1] beobachtete den Zeemaneffekt, welcher sich naturgemäß auch bei den Absorptionsspektren von Flammen zeigt, selbst bei Absorptionslinien in Kristallen, was beweist, daß auch in festen und flüssigen Körpern bei der Absorption des Lichtes schwingende Elektronen in Betracht kommen.

XXI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Brechungsindex der Substanz.

Nach der auf die oben in § VIII erwähnten, nur annähernd zutreffenden Clausius-Mossottischen Ansicht über die Natur der Dielektrika läßt sich nach Lorentz[2] und Lorenz[3] beweisen, daß die sog. Molekularrefraktion, d. h., wenn d die Dichte des Körpers, n dessen Brechungsindex und M das Molekulargewicht ist, der Ausdruck $M \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$ gleich dem von den Molekülen in 1 kg-Mol wirklich eingenommenen Raum ist. Man kann somit nach dem in § IV angegebenen Verfahren auch aus dem absoluten

[1] J. Becquerel, Phys. Zeitschr. **8**, 632, 1907.
[2] H. A. Lorentz, Wied. Ann. **9**, 641, 1880.
[3] L. Lorenz, Wied. Ann. **11**, 70, 1880.

Brechungsindex einer Substanz (= 1,00029 × dem Brechungsindex in Luft) die Anzahl der Moleküle pro kg berechnen, doch ähnlich wie aus den Dielektrizitätskonstante nur in grober Annäherung.

XXII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus Dispersion und Absorption des Lichtes.

Zu demselben Ergebnis war schon früher H. v. Helmholtz[1] gekommen, durch Versuche, die Dispersion des Lichtes vom Standpunkte der elektromagnetischen Lichttheorie zu erklären. Man muß hierzu annehmen[2], jedes Atom enthalte eine gewisse Anzahl schwingungsfähiger Elektronen, die durch einen einfallenden Lichtstrahl (d. h. eine regelmäßige Aufeinanderfolge abwechselnd entgegengesetzt gerichteter elektrischer und magnetischer Felder) in Mitschwingung versetzt werden. Die auf Grund dieser Annahme gewonnene Dispersionsformel lautet: $n^2 = 1 + \Sigma \frac{\mathfrak{N}_h \vartheta_h}{1 - \frac{\lambda_h^2}{\lambda^2}}$, worin $\mathfrak{N}_h$ die Anzahl schwingungsfähiger Elektronen einer bestimmten ($h$ten) Gattung im cbm, λ_h die (im Vakuum gemessene) Wellenlänge ihrer Eigenschwingung in Metern, λ die Wellenlänge des einfallenden Lichts, ϑ_h die Beweglichkeit des Elektrons, d. h. (abgesehen vom Zahlenfaktor $\frac{1}{4\pi}$) ein Faktor, welcher angibt, um wieviel Meter die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb durch eine elektrische Kraft von der Größe 1 Dezimegadyne aus seiner Ruhelage herausgezogen würde, und n den Brechungsindex des einfallenden Lichtes bedeutet.

Für $\lambda = \lambda_h$ tritt stärkstes Mitschwingen (sog. Resonanz) d. h. maximale Absorption ein. Für diesen Fall, d. h. für die Mitte eines Absorptionsstreifens, gilt naturgemäß die Formel nicht mehr. Ferner ist $\lambda_h^2 = \pi \frac{m_h \vartheta_h}{Q_h^2}$ oder $Q_h = \frac{1}{\lambda_h} \sqrt{\pi m_h \vartheta_h}$, wenn Q_h die elektrische Ladung in Coulomb und m_h die Masse des Elektrons der $h$ten Gattung in kg bedeutet. In einigen Fällen reicht man schon mit zwei Gattungen, negativen Elektronen und positiven Ionen, aus und zwar zeigt sich, daß die Absorptionsstreifen im

[1] H. v. Helmholtz, Wied. Ann. **48**, 389, 723, 1893.

[2] P. Drude, Zeitschr. f. wiss. Photogr. **3**, Heft 1, 1905; Ann. d. Phys. **14**, 77, 936, 1904.

ultraroten Teil des Spektrums bedingt sind durch das Mitschwingen der positiven Atomionen, die im sichtbaren und im ultravioletten Teil durch das Mitschwingen der negativen Elektronen[1]. Man kann hiernach das Elementarquantum ($= \frac{1}{N}$ 96540000 Coulomb) und somit die Avogadrosche Zahl N oder die Zahl N/M der Moleküle in 1 kg auch aus Dispersionsbeobachtungen bestimmen. Das Ergebnis ist annähernd das erwartete[2], doch zeigen sich erhebliche Abweichungen, die darauf hinweisen, daß die Elektronen nicht ganz frei schwingen können, wie die Theorie annimmt.

Ist p_k die Anzahl der Elektronen pro Molekül, d. h. $p_k = \frac{\mathfrak{N}_k}{N}$, ist ferner M das Molekulargewicht und d die Dichte des Körpers, so ergibt sich[3] $Q_v = 3{,}26 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M}{d} \frac{\mathfrak{N}_v \vartheta_v}{\lambda_v^2} \cdot \frac{m_v}{p_v}$, wobei der Ausdruck $\frac{\mathfrak{N}_v \vartheta_v}{\lambda_v^2}$ direkt der beobachteten Dispersionskurve entnommen werden kann. Setzt man die aus andern Erscheinungen bestimmten Werte für Q_v und m_v ein, so ergibt sich das überraschende Resultat, daß p die Wertigkeit des betr. Atoms darstellt, so daß man schließen muß, die Wertigkeit sei gleich der Anzahl schwingungsfähiger, d. h. lose sitzender Elektronen und veränderliche Wertigkeit (gemäß der Theorie von Abegg[4]) erkläre sich dadurch, daß die einen Elektronen mehr, die andern weniger fest an den positiven Teil, das positive Atomion (Archion) gebunden sind. Ein einwertiges Kation ist hiernach ein solches, von welchem ein lose sitzendes Elektron (z. B. durch Einwirkung des Lösungsmittels) abgelöst ist, ein zweiwertiges ein solches, von welchem 2 Elektronen abgetrennt sind usw. Die Wertigkeit der Anionen bestimmt sich durch ihre Fähigkeit von andern Stoffen lose sitzende Elektronen abzulösen. Für eine Verbindung ist[5] $p \cdot Q/m$ die Summe der $p \cdot Q/m$ für die einzelnen Atome, ähnlich

---

[1] Vgl. auch F. Haber, Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 1117, 1911. Es soll n rot $= \sqrt{\frac{m}{M}} \cdot n$ violett sein, wenn m u. M die Massen von neg. Elektron u. pos. Ion sind.

[2] Man findet nach Drude für Q/m $1{,}5 \cdot 10^{11}$, nach Erfle 1,2 bis $1{,}3 \cdot 10^{11}$ statt $1{,}78 \cdot 10^{11}$, Q in Coulomb, m in Kilogrammen gemessen.

[3] Der Index v bedeutet, daß nur das violette Ende des Spektrums in Betracht kommt.

[4] R. Abegg, Zeitschr. f. anorg. Chem. **39**. 330, 1909.

[5] Vgl. H. Erfle, Ann. d. Phys. **23**, 594, 1907.

wie die Molekularrefraktion die Summe der Atomrefraktionen ist[1]. Doppelbindung bewirkt größere relative Verschiedenheit der Beweglichkeit der Elektronen. Die Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von Temperatur und Druck erklärt auch die Änderung der Molekularrefraktion unter gleichen Umständen.

Nach J. Koenigsberger[2] muß man zweierlei Absorption unterscheiden, nämlich Fälle, bei welchen sich die Absorption auch durch Einfluß auf das Reflexionsvermögen äußert, wie z. B. bei Fuchsin, welches rotes Licht durchläßt und grünes reflektiert, und andere, bei welchen ein solcher Einfluß nicht vorhanden ist. Für letztere ist p sehr viel kleiner als 1, d. h. es kommt erst auf 500, 1000 oder 100000 Moleküle ein schwingungsfähiges Elektron, was man sich so deuten kann, daß bald in diesem, bald in jenem Molekül ein Elektron schwingungsfähig wird. Die Dämpfung der Schwingungen, auf welcher die Umwandlung der Strahlungsenergie in Wärme beruht, ist so groß, daß bereits die sechste ganze Schwingung nur $\frac{1}{100}$ der Amplitude der ersten hat.

Anders verhält sich dies bei den Phosphoreszenz- und Fluoreszenzerscheinungen. Nach Lenard[3] muß man speziell die Konstitution der Erdalkaliphosphore so auffassen, daß die eigentlich wirksamen Moleküle (z. B. bei Balmainscher Leuchtfarbe Moleküle von der Zusammensetzung $Ca_x\, Bi_y\, S_z$) in einer großen Menge unwirksamen Füllmaterials eingeschlossen sind. Sie haben drei Sorten Eigenschwingungsdauern, denn die Schwingungsdauer des Lichtes, welches die Phosphoreszenz erregt, ist eine andere als die des Phosphoreszenzlichtes selbst und wieder eine andere Lichtart löscht die Phosphoreszenz aus. Das Phosphoreszenzlicht besteht im allgemeinen aus mehreren Spektralbanden. Je einer Bande gehört eine bestimmte Sorte schwingender Moleküle zu, wie man schon daran erkennen kann, daß

---

[1] Brühl, Zeitschr. f. phys. Chem. **7**, 140, 1891.

[2] J. Koenigsberger u. K. Kilchling, Ann. d. Phys. **28**, 889, 1909; **32**, 843, 1910; J. Koenigsberger, Phys. Zeitschr. **12**, 1, 1911; Eva v. Bahr u. J. Koenigsberger, Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 26; A. Heydweiller, Verh. d. d. phys. Ges. **14**, 178, 1912.

[3] P. Lenard, Heidelb. Akad. 1909 Nr. 3; Verh. d. nat. med. Ver. Heidelb. **10**, 7, 1909. Über den Einfluß niedriger Temperatur s. H. Kammerlingh Onnes und W. H. Keesom, Encykl. Math. Wiss. 5 (10) 684 1912.

für diese verschiedenen Moleküle die Temperaturen maximaler Emission nicht dieselben sind, so daß mit steigender Temperatur die Banden nacheinander erscheinen können. Man kann als Ursache der Phosphoreszenz die Rückkehr von Elektronen ansehen, welche bei der Erregung von ihren Stellen weggedrängt wurden, also eine Folge einer Art chemischer Lichtwirkung. Die Phosphoreszenz beruht also nicht wie die Absorption einfach auf dem Mitschwingen von Elektronen oder Archionen[1].

Verwandt damit sind die lichtelektrischen Erscheinungen[2], welche ebenfalls auf Abspaltung von Elektronen beruhen, wobei diese aber nicht nur von ihrer normalen Stellung weggedrängt werden, sondern als Kathodenstrahlen die Moleküle vollständig verlassen.

XXIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Atomwärme.

Diese Betrachtungen veranlassen die weitere Frage, wodurch sich die Molekularstruktur der festen Körper von derjenigen der Flüssigkeiten und Gase unterscheidet. Bekanntlich ist das Charakteristikum eines festen Körpers Verschiebungselastizität, welche bis zu der sog. Elastizitätsgrenze eine vollkommene ist. Die Moleküle können deshalb ihren Ort nicht dauernd verlassen, sondern nur um ihre mittlere Lage hin- und herschwingen. Die Amplituden dieser Bewegung sind jedenfalls sehr klein, denn von einer Brownschen Bewegung eingeschlossener feiner Partikelchen ist auch bei den stärksten Vergrößerungen nichts zu erkennen, die mittlere Bewegungsenergie eines Moleküls muß aber annähernd dieselbe sein wie die eines Gas- oder Flüssigkeitsmoleküls bei derselben Temperatur, wie zuerst Boltzmann gezeigt hat[3].

Hieraus ergibt sich das Gesetz von Dulong und Petit[4]. Dem ersten Hauptsatz gemäß ist nämlich[5] für ein Gas die Differenz der beiden spezifischen Wärmen $c_p - c_v = \frac{0{,}0691}{d}$, wo d das

[1] Siehe auch H. Baerwald, Habilitationsschr. Darmstadt 1912.

[2] Siehe J. Stark, Prinzipien d. Atomdynamik Leipzig 1911, II. 195; K. Herrmann, Verh. d. d. phys. Ges. **14**, 878, 1912.

[3] L. Boltzmann, Wien. Sitzb. **63** (II) 731, 1871.

[4] F. Richarz, Wied. Ann. **48**, 708, 1893 und **67**, 704, 1899.

[5] Clausius, Mechan. Wärmetheorie I 2 § 6 p. 59 Gl. (32).

spez. Gewicht bezogen auf Luft bedeutet und 0,0691 die Differenz der beiden spez. Wärmen für Luft ist. Ferner ist allgemein für ein einatomiges Gas nach Kundt und Warburg: $c_p = 5/3 \cdot c_v$, also $c_v = \frac{3 \cdot 0{,}0691}{2d}$. Ist nun A das Atomgewicht des Gases, M das mittlere Molekulargewicht der Luft ($= 2 \cdot 14{,}5$), so ist nach dem Avogadroschen Gesetz $d = A/M = A/2 \cdot 14{,}5$, also die Atomwärme eines einatomigen Gases $A \cdot c_v = 3 \cdot 0{,}0691 \cdot 14{,}5 = 3{,}006$.

Für dieselbe Substanz im festen Zustande ist die Atomwärme größer, denn hier ist nicht nur die mittlere lebendige Kraft der Atome zu vergrößern, sondern auch, obschon, da das Volumen als konstant vorausgesetzt wird, die mittleren Abstände der Moleküle dieselben bleiben, die potentielle Energie, weil die mittlere Entfernung jedes Atoms von seiner mittleren Lage sich ändert. Die potentielle Energie soll so gerechnet werden, daß sie, wie die kinetische Energie, bei dem absoluten Nullpunkt der Temperatur verschwindet. Macht man nun die Annahme, die Summe der mittleren kinetischen Energie eines Atoms und seiner potentiellen Energie sei der absoluten Temperatur proportional und habe für alle Atome, auch solche verschiedener Art, bei gleicher Temperatur denselben Wert, dann folgt, da dies auch für die kinetische Energie allein gilt, daß es ebenso für die potentielle Energie allein gelten müsse, d. h. letztere muß für alle Atome jeder Art dasselbe Multiplum der kinetischen Energie sein. Tatsächlich ist sie ihr gleich, denn die Atomwärme im festen Zustand $A \cdot C_v$ ist $= 6{,}012$, wenigstens annähernd. Wie Richarz gezeigt hat, ist dieses Gesetz von Dulong und Petit um so weniger zutreffend, je kleiner das Atomvolumen (d. h. der Quotient von Atomgewicht und Dichte) und das Atomgewicht sind. Die Erklärung für diese Abweichungen hat neuerdings, wie ich zu Anfang des Jahres vorgetragen habe[1], die Einsteinsche Energiequantentheorie gegeben, gemäß welcher die Atomwärme auch wesentlich abhängig sein muß von der Frequenz des Atoms. Diese soll die Frequenz derjenigen ultraroten Strahlen sein, welche von der Substanz absorbiert werden. Sie soll sich auch berechnen lassen aus deren Elastizität, woraus sich weitere Zusammenhänge mit Ausdehnungskoeffizient, Kompressibilität, Schmelz-

[1] O. Lehmann, Verh. d. nat. Ver. Karlsruhe **24**, 273, 1912.

temperatur usw. ergeben würden[1], doch erscheinen diese Beziehungen noch nicht hinreichend geklärt[2]. Nach Einsteins Formel[3] bedingt die Zuführung von einem Energiequant, nämlich von $6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot v$ Joule zu 1 kg-Mol eines einatomigen festen Körpers beim absoluten Nullpunkt, konstantes Volum vorausgesetzt, die Temperaturerhöhung $\Delta T = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{8319} \cdot \frac{N \cdot v}{l_n N}$. Da ferner die Atomwärme $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \cdot \sum \frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}} \left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(\frac{\beta\nu}{T} - 1\right)^2}$ Joule ist, worin $\beta = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{8319} \cdot N$, somit auch $\Delta T = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{C_v}$, so würde im Prinzip auch aus der Atomwärme fester Körper ein Wert für die Avogadrosche Zahl sich ableiten lassen, der natürlich, soweit die Theorie sich den Beobachtungen fügt, mit den übrigen Werten übereinstimmt; nach Debye (a. a. O.) ist aber die Annahme einer einzigen Atomfrequenz bei festen Körpern unzulässig, es gibt vielmehr eine ganze Serie von Frequenzen von ν_o bis ν_m und falls man $\beta \cdot \frac{\nu_m}{T} = x$ und $\beta \cdot \frac{\nu}{T} = \xi$ setzt, ist

$$C_v = 3 \cdot 8319 \left(\frac{12}{x^3} \int_0^x \frac{\xi^3 d\xi}{e^\xi - 1} - \frac{3x}{e^x - 1} \right) \text{Joule},$$

in weit besserer Übereinstimmung mit den experimentellen Bestimmungen als Einsteins Formel. Für sehr hohe Temperaturen[4] folgt $C_v = 5{,}955 \cdot 4189$ Joule, für mittlere $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \left(1 - \frac{x^2}{20} + \frac{x^4}{560} - \ldots\right)$, für sehr tiefe $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \cdot 77{,}938 \cdot \frac{1}{x^3}$ Joule. Im letzteren Fall ist also die Atomwärme C_v proportional zur 3. Potenz der absoluten Temperatur, was in der Tat den Beobachtungen entspricht.

---

[1] Siehe E. Grüneisen, Verf. d. D. phys. Ges. **13**, 426, 491, 836, 1911; Ann. d. Phys. **39**, 257, 1912.

[2] Siehe M. Born und Th. v. Kármán, Phys. Zeitsch. **13**, 297, 1911 und P. Debye, Arch. de Genève **33**, 256, 1912; Ann. d. Phys. **39**, 789, 1912; M. Brillouin, Soc. franc. de Phys. 1912 Nr. 20; E. Madelung, Phys. Zeitschr. **13**, 489, 1912.

[3] Siehe O. Sackur, Ann. d. Phys. **34**, 455, 1911.

[4] Nach W. Nernst, Phys. Zeitschr. **13**, 1067, 1912 ist zu erwarten, daß die Atomwärme bei sehr hohen Temperaturen wegen Energieverbrauchs für Strahlung rasch steigt; z. B. müßte bei Helium, wegen des Auftretens roter Spektrallinien, der Anstieg schon bei 4000° merklich sein, bei 30000° müßte die Atomwärme sehr hoch werden (vgl. auch O. Lehmann, absolut höchste Temperatur, Phys. Zeitschr. **9**, 251, 1907).

XXIV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem molekularen Magnetismus.

Zu einer ganz besonders interessanten Ableitung der Avogadroschen Zahl gelangte R. Richarz[1] auf Grund von Ampères Theorie der Entstehung magnetischer Kräfte durch elektrische Ströme in den Molekülen, welche sich bereits W. Weber[2] als kreisförmige Bewegungen positiver Elektrizitätsteilchen um einen negativen Kern gedacht hatte[3], indem er die molekularen magnetischen Momente berechnete und den hieraus sich ergebenden spezifischen Magnetismus mit dem wirklich beobachteten verglich. Auch die so zu ermittelnde Avogadrosche Zahl[4], also auch die Molekülzahl pro kg, stimmt der Größenordnung nach mit den übrigen Werten, wenn auch die neueren Arbeiten auf diesem Gebiet zeigen, daß hier noch besondere Verhältnisse obwalten, die eine genauere Theorie berücksichtigen müßte[5].

XXV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Dissoziationswärme.

Ausgehend von der v. Helmholtzschen Annahme, die chemische Verbindungs- und Zersetzungswärme werde bedingt durch die Arbeit elektrischer Kräfte oder gegen solche, insofern die chemische Affinität eine Wirkung der in den Atomen vorhandenen Elementarquanten sei, gelangt Richarz bei gleicher Gelegenheit noch zu einer anderen Beziehung, aus welcher sich die Avogadro-

---

[1] R. Richarz, Wied. Ann. **52**, 410, 1894.

[2] W. Weber, Elektrodynamische Maßbest., Leipzig 1871, 41.

[3] Ich selbst erweiterte diese Annahme dahin, die Bahn der Ströme sei gleichzeitig wellenförmig gestaltet, wodurch knotenförmige Ströme entstehen (Molekularphysik II 1889 S. 374—376 u. S. 393). Richarz hat die weitere Annahme gemacht, die bewegten Teilchen seien Helmholtzsche Energiequanten (Elektronen), wodurch quantitative Behandlung möglich wurde.

[4] Richarz selbst nahm dieselbe umgekehrt als bekannt an.

[5] Langevin, Ann. chim. phys. (8) **5**, 70, 1905; W. Ritz, Ann. d. Phys. **25**, 692, 1908; Gesammelte Werke Gauthier-Villars, Paris 1911; P. Weiß, Arch. sc. phys. et nat. (4) 31. mai 1911. Nach Heydweiller u. A. ist der von Weiß eingeführte Begriff des Magnetons mit Vorsicht aufzunehmen. Daß die parallele Anordnung der Molekularmagnete durch die thermische Bewegung gestört wird, wie Langevin annimmt, und demgemäß der Magnetismus mit zunehmender Temperatur abnehmen muß, hat nach briefl. Mitteilung von Hrn. Richarz bereits Clausius in seiner Vorlesung 1878 vorgetragen.

sche Zahl aus Beobachtungen über die Dissoziationswärme berechnen läßt. Auch hier stimmt die Größenordnung, so daß wahrscheinlich bei genauerer Kenntnis der Struktur der Moleküle auch ein ganz exakter Wert für die Molekülzahl pro kg zu gewinnen wäre. (Vgl. mein Buch Elektr. Lichterscheinungen 1898, 129).

XXVI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der geringsten Dicke von Schichten.

Die kapillare Ausbreitung von Öl auf Wasser ist nicht in beliebigem Maße möglich, sondern nur solange, bis schließlich nur noch eine einzige Molekülschicht übrig bleibt, d. h. bis die Dicke gleich dem Molekulardurchmesser geworden ist. Man sieht in der Tat schließlich scheinbar Löcher in der Ölhaut entstehen, welche den dunkeln Flecken auf einer Seifenblase entsprechen[1], und Stellen von minimaler Dicke darstellen, die nicht mehr unterschritten werden kann. Messungen ergaben, daß diese Dicke der Größenordnung nach dem Durchmesser der Moleküle entspricht. Ebenso kann man z. B. galvanoplastisch, wie sowohl optisch wie auch durch Messung des Polarisationsstroms nachweisbar, nicht beliebig dünne Stoffschichten auf Elektroden zur Ausscheidung bringen[2]. Die geringste Dicke auf chemischem Wege erzeugter Schichten läßt sich durch Prüfung der Benetzbarkeit oder ihrer katalytischen Wirkung fesstellen, die geringste Dicke einer durch Absorption entstandenen Wasserhaut durch Wägung, die geringste Dicke einer durch Kathodenzerstäubung entstandenen Metallschicht durch Interferenz der Lichtstrahlen usw. Im allgemeinen bestehen solche dünne Schichten den beobachteten Dicken zufolge immer noch aus einer erheblichen Zahl von Molekülschichten und, da man diese Zahl nicht genau zu bestimmen vermag, bleibt das Ergebnis unsicher. Jedenfalls wurde aber nie eine Schicht beobachtet, deren Dicke kleiner als der nach der früheren Methode bestimmte Molekulardurchmesser gewesen wäre. Ähnlich sind Versuche, die beschränkte Teilbarkeit der Materie nachzuweisen durch die geringste noch wahrnehmbare Färbung

[1] H. Devaux, Journ. d. phys. (5) II., 699, 891, 1912.

[2] Zahlenangaben und Literatur nach Koenigsberger siehe Landolt-Börnstein, Physik.-chem. Tabellen 4. Aufl. 1912 S. 146. Ferner: Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekular-Dynamik, Leipzig 1909, S. 229 u. ff.

äußerst verdünnter Farbstofflösungen, die geringste noch durch Flammenfärbung wahrnehmbare Menge von Metalldämpfen, die geringste noch wahrnehmbare Menge von Riechstoffen in der Luft usw. Berechnet man, wie in § IV gezeigt, aus dem Molekulardurchmesser und der Dichte die Molekülzahl pro kg, so ergibt sich natürlich ein mit dem früheren Werte übereinstimmendes Ergebnis, sofern der Molekulardurchmesser von gleicher Größe gefunden würde.

XXVII. Die Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Beugung von Röntgenstrahlen in Kristallen.

Die wunderbaren Kristallisationserscheinungen werden nur begreiflich, indem man den Molekülen richtende Kräfte zuschreibt, die sie befähigen, sich gegenseitig parallel zu richten, in welcher Tätigkeit man sie bei der Bildung und namentlich beim Zusammenfließen flüssiger Kristalle gewissermaßen auf der Tat beobachten[1] und z. B. durch mechanische Deformation, Einlagerung fremder Moleküle oder durch Einwirkung magnetischer Kräfte stören kann[2]. Die Entdeckung dieser flüssigen Kristalle erfolgte auf Grund von Untersuchungen über mechanisches Verbiegen der Kristalle, welches, wie z. B. G. Tammann[3] noch heute annimmt, lediglich durch die von E. Reusch[4] entdeckten Verschiebungen längs Gleitflächen ohne Störung des Raumgitters erfolgen sollte, soweit nicht Zertrümmerung des Kristalls eintritt, während nach meinen Beobachtungen bei weichen Kristallen[5] die Zertrümmerung eine so feine sein kann, daß die Trümmer als einzelne Moleküle aufgefaßt werden müssen und von Sprungbildung keine Rede sein kann, sondern nur von stetiger Verbiegung des Raumgitters. Die Auslöschungsrichtungen geben in diesem Fall nicht die Achsen von Trümmern,

---

[1] O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Kristalle. Leipzig, Akad. Verlagsges. 1911; Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 338, 1911; Phys. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Arch. sc. phys. nat. (4) **32**, 1, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911; **39**, 80, 1912; Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 22; 1912 Nr. 13.

[2] O. Lehmann, Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912.

[3] G. Tammann, Zeitschr. f. Elektrochem. 1912 S. 584 u. Zeitschr. f. phys. Chem. **80**, 687, 1912.

[4] E. Reusch, Pogg. Ann. **132**, 441, 1867.

[5] O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 479, 1877; Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 467, 1889; Flüssige Kristalle 1904.

sondern von Molekülen an, ein Beweis für deren Existenz. Es zeigt sich, daß sich diese gegenseitig so beeinflussen, wie kleine astatische Magnetsysteme (kreisende Elektronen)[1]. Infolge der molekularen Richtkraft häuft sich Schicht auf Schicht beim Wachsen der Kristalle zu einem regelmäßigen Raumgitter, in welchem die Moleküle nur noch um mittlere Lagen hin- und herschwingen können, und es scheint fast unmöglich, daß es bei den sich immer mehr verfeinernden Methoden der Physik nicht schließlich doch möglich sein sollte, wenn auch nur in unvollkommener Weise, das molekulare Raumgitter der Kristalle direkt zu sehen und so den genauesten Aufschluß über Zahl und Abstand der Moleküle, über ihre Größe und vielleicht auch ihre Form zu erhalten, sowie über den Zusammenhang dieser Raumgitteranordnung einerseits mit der chemischen Zusammensetzung der Moleküle, andererseits mit der äußeren Form der Kristalle, zu dessen Prüfung in der »Chemischen Kristallographie« von P. v. Groth bereits ein ungeheueres Zahlenmaterial vorliegt[2].

In der Tat ist es in neuester Zeit Prof. Dr. M. Laue in München (jetzt Zürich) und seinen Mitarbeitern[3] gelungen, einen ersten Erfolg in dieser Richtung zu erzielen.

Zur Erkennung sehr feiner Strukturen reicht das gewöhnliche Mikroskop bekanntlich nicht aus, weil störende Beugungserscheinungen auftreten, wenn die Größe der betrachteten Objekte von ähnlich kleiner Größenordnung wird wie die Größe der Lichtwellen, die im Mittel ein halbes Tausendstel Millimeter beträgt. Nur wenn die Lichtwellen noch bedeutend kleiner wären als die Objekte, wäre also eine deutliche und richtige Abbildung möglich. Zuweilen genügt die Anwendung von ultraviolettem Licht, welches aber nicht sichtbar ist, sondern nur auf die photographische Platte wirkt. Mittelst des Ultramikroskops ist man insofern weitergekommen, als man auf richtige Abbildung verzichtet und sich mit Beugungsbildchen begnügt, die immerhin z. B. die Zahl der

---

[1] O. Lehmann, Physik. Zeitschr. **10**, 553, 1909.

[2] E. v. Fedorow in St. Petersburg, Zeitschr. f. Kristallographie **50**, 513, 1912 stellte Tabellen von zirka 10000 kristallographisch untersuchter Stoffe zusammen, aus welchen nach der Kristallform einer gegebenen Substanz deren chemische Zusammensetzung ermittelt werden kann.

[3] W. Friedrich, P. Knipping u. M. Laue, Sitzb. d. K. Bayer. Akad. 6. Juli 1912 S. 303 u. M. Laue ebenda S. 363.

vorhandenen Objekte, etwa Partikelchen in einer kolloidalen Lösung, festzustellen gestattet, während deren Form unbestimmt bleibt. Die Methode ist aber nur anwendbar, wenn sich die kleinen Objekte in verhältnismäßig großen Abständen voneinander befinden und größeren Durchmesser als 1 Milliontel Millimeter Durchmesser haben. Selbst bei kolloidalen Lösungen sind die feinsten Partikelchen mittelst des Ultramikroskops nicht mehr erkennbar. Um also Sichtbarmachung molekularer Strukturen zu ermöglichen, ist mit Rücksicht darauf, daß der Moleculardurchmesser nach den mitgeteilten Versuchsergebnissen von der Ordnung $\frac{1}{10}$ Milliontel Millimeter sein muß, eine Strahlung anzuwenden, deren Wellenlänge bedeutend kleiner ist als die der gewöhnlichen Lichtstrahlen. Solche Strahlen können nach Sommerfeld und Laue mittelst der Röntgenstrahlen erzeugt werden.

Die Röntgenstrahlen entstehen bekanntlich durch plötzliche Bremsung von Kathodenstrahlen, d. h. rasch bewegter negativer Elektronen. Von dem diese begleitenden magnetischen und elektrischen Feld löst sich beim Aufstoßen auf die Moleküle der Antikathode (welche z. B. ein Platinblech sein kann) ein Teil ab, der nun mit Lichtgeschwindigkeit frei in den Raum hinauseilt und, falls er die Moleküle eines sog. Fluoreszenzschirms trifft, diese zur Aussendung von Lichtstrahlen veranlaßt. Nach den Untersuchungen von Barkla[1] erleiden die Röntgenstrahlen in dem Körper, welchen sie treffen, eine Zerstreuung ähnlich wie Lichtstrahlen in Emulsionen und sonstigen trüben Medien. Außerdem erregen sie die Atome, auf welche sie treffen, zu Eigenschwingungen, welche für diese charakteristisch sind. Es handelt sich also dabei um Vorgänge ähnlicher Art, wie sie anfänglich bei kolloidalen Goldlösungen besprochen wurden, wobei ebenfalls jedes Goldteilchen zu mehreren Partialschwingungen angeregt wird. Im allgemeinen sind aber die von den Röntgenstrahlen derart geweckten Sekundärstrahlen ebensowenig sichtbar wie die Röntgenstrahlen selbst und können nur durch ihre Wirkung auf die photographische Platte nachgewiesen werden. Die Energiequantentheorie, von welcher ich zu Anfang des Jahres berichtete, ergibt, daß ihre Wellenlänge außerordentlich klein sein muß[2].

---

[1] C. C. Barkla, Phil. Mag. z. T. **22**, 396, 1911.

[2] W. Wien, Gött. Nachr. 1907, 598; J. Stark, Phys. Zeitschr. **8**, 881, 1907.

Ist nämlich n die Schwingungszahl eines molekularen Resonators und h das Wirkungsquantum, so beträgt jedes ausgesandte Energiequantum $h \cdot n$. Bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen wird die in einem Elektron aufgespeicherte kinetische Energie, welche, nachdem es die Spannungsdifferenz E durchlaufen hat, $0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E$ Joule beträgt, während seiner Bremsung vollständig ausgestrahlt. Die Zeitdauer der Bremsung ist $\frac{\lambda}{2 \cdot 3 \cdot 10^8}$ Sekunden, wenn λ die Wellenlänge der erzeugten Röntgenstrahlen bedeutet. Es ist somit $0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E = h \cdot n = h \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda}$, also $\lambda = \frac{h \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^8}{0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E}$. Da nun, wie früher gezeigt[1], das Wirkungsquantum $h = 6{,}55 \cdot 10^{-34}$ ist und die zur Erzeugung der Röntgenstrahlen nötige Spannung $E = 60\,000$ Volt, so folgt $\lambda = 60 \cdot 10^{-12}$ Meter, d. h. $0{,}06 \cdot 10^{-6}$ mm, in Worten, etwa ein halbes Zehntel von einem Milliontel Millimeter. Solche Röntgenstrahlen könnten also, da ihre Wellenlänge kleiner ist als der Durchmesser eines Atoms, dazu dienen, die Atome wenn auch nicht direkt sichtbar zu machen, doch wenigstens durch sie hervorgerufene Beugungserscheinungen zu photographieren. Versuche, solche Beugungserscheinungen mittelst sehr enger Spalten nachzuweisen, die vielfach und mit großer Sorgfalt durchgeführt worden sind[2], hatten nun das Ergebnis, daß die Wellenlänge der Röntgenstrahlen, wenn es dabei überhaupt nicht nur zur Ausstrahlung einzelner Impulse, d. h. einzelner Felder, sondern von Serien abwechselnd gerichteter Felder, also von elektromagnetischen Wellen kommt, $\lambda \leqq 0{,}04$ Milliontel Millimeter sein muß, was mit dem berechneten Werte gut übereinstimmt. Deutliche Beugungserscheinungen waren aber nicht zu erhalten, wohl weil die Natur der Röntgenstrahlen zu sehr von der der gleichmäßigen elektromagnetischen Strahlung abweicht. Man konnte aber erwarten, daß die von ihr geweckte sekundäre Strahlung bei gleich geringer Wellenlänge der Lichtstrahlung ähnlicher sein würde und hier setzten nun die Versuche von Laue ein. Läßt man ein Bündel Röntgenstrahlen auf eine Kristallplatte fallen, welche ein kubisches Raumgitter von Atomen darstellen möge, so wird jedes Atom zum Ausgangspunkt einer sekundären

[1] O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **10**, 283, 1912.

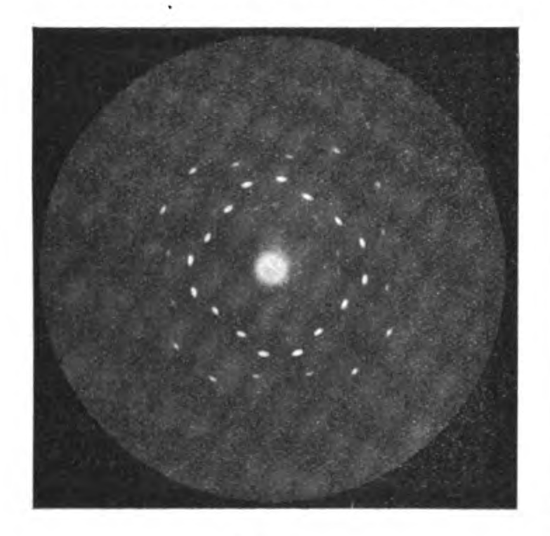
[2] H. Haga u. C. H. Wind, Wied. Ann. **68**, 884, 1899; Ann. d. Phys. **10**, 305, 1903; B. Walter u. R. Pohl, Ann. d. Phys. **25**, 715, 1908; **29**, 331, 1909; A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. **38**, 473, 1912.

Röntgenstrahlung und diese Strahlen werden, weil sie alle gleiche Phase haben (kohärent sind, wie man sagt), in ähnlicher Weise miteinander interferieren, wie etwa die Strahlen bei dem bekannten Fresnelschen Spiegelversuch oder wie die Strahlen, welche aus einem Beugungsgitter austreten. Die Avogadrosche Zahl ermöglicht die Gitterkonstante, d. h. den Abstand zweier Gitterstäbe oder richtiger Gitterpunkte, da es sich um ein Kreuzgitter handelt, und damit die Verteilung der Strahlen nach dem Durchgang durch die Kristallplatte voraus zu berechnen. Umgekehrt wird man aus den beobachteten Interferenzerscheinungen wieder einen neuen Wert der Avogadroschen Zahl ableiten können.

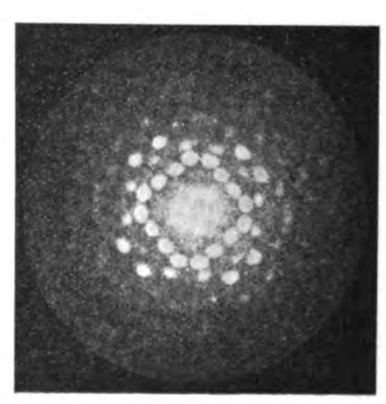
Für Kristalle von Schwefelzink beispielsweise wäre jeder Elementarwürfel des kubischen Raumgitters gleich dem Volumen eines Moleküls zu setzen. Nun ist das Molekularvolumen, d. h. der Quotient der Masse von 1 kg-Mol gemessen in kg (d. h. von M Kilogramm) und der Dichte δ gemessen in kg pro cbm das Volumen von N solchen Würfeln, wenn N die Avogadrosche Zahl, welche ja die Zahl von Molekülen in einem kg-Mol ist. Demgemäß ist das Volumen eines Würfels $\frac{M}{N \cdot \delta}$, somit die Seitenlänge des Würfels, d. h. der Abstand zweier Moleküle oder die Gitterkonstante: $\sqrt[3]{\frac{M}{N\delta}}$. Für Schwefelzink ist $M = 65,4 + 32 = 97,4$, $\delta = 4,06$, $N = 617 \cdot 10^{24}$, also die Gitterkonstante $= 3,38 \cdot 10^{-10}$ Meter $= 0,338$ Milliontel Millimeter. Die Verteilung der Lichtflecke auf einem in größerem Abstand hinter der Kristallplatte aufgestellten Fluoreszenzschirm bezw. der dunklen Flecke auf einer photographischen Platte, wird also ungefähr der bei einem Kreuzgitter von dieser Konstante entsprechen müssen, doch ist zu berücksichtigen, daß das Raumgitter aus einer Serie parallel hintereinander gestellter Kreuzgitter besteht, so daß also von den durch ein Kreuzgitter erzeugten Lichtflecken ein Teil durch die von andern kommenden Strahlen durch Interferenz ausgelöscht, ein anderer Teil verstärkt wird. Die Rechnung ergibt eine annähernd ringförmige Verteilung der übrig bleibenden verstärkten Lichtflecken rings um den zentralen durch die direkten Röntgenstrahlen hervorgebrachten Fleck. Tatsächlich wurden die erwarteten Flecke erhalten (Fig. 8 u. 9) und zwar mit so großer Schärfe, daß genaue Ausmessung und Prüfung der Übereinstimmung mit den berech-

neten Werten möglich war und keine Möglichkeit vorzuliegen scheint, das Phänomen in anderer Weise zu deuten[1].

Aus dem angegebenen Wert der Gitterkonstanten und der beobachteten Verteilung der Lichtflecke ist zu schließen, die sekundäre Strahlung bestehe aus mehreren Partialwellen (ähnlich wie sich solche bei den Goldpartikelchen ergeben hatten), deren Wellenlängen zwischen 0,013 und 0,052 Milliontel Millimeter liegen, also nur etwa ein Zehntel des Molekulardurchmessers betragen. So wird verständlich, daß diese enorm feine Kristallstruktur, wenn



Figur 8.



Figur 9.

auch nur indirekt, durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen sichtbar und weiterer Untersuchung zugänglich gemacht werden kann. Es liegt darin auch ein neuer Beweis, daß die früher abgeleiteten Werte für die Avogadrosche Zahl und den Durchmesser der Moleküle somit auch die Zahl der Moleküle in 1 kg wenigstens der Größenordnung nach[2] richtig sein müssen.

[1] Einen derartigen Versuch macht J. Stark, Phys. Zeitschr. **13**, 973, 1912, indem er annimmt, in dem Raumgitter existierten verhältnismäßig weite Kanäle, »Lichtschächte«, durch welche die Lichtzellen der Röntgenstrahlen, wie sie die »Lichtzellentheorie« annimmt, oder Elektronen, wie bei Kathodenstrahlen, besonders leicht hindurchdringen können. Die Erscheinung wird aber tatsächlich wohl nur verständlich durch die bedeutende Verstärkung, welche die nicht ausgelöschten Strahlenbündel durch die Interferenz erfahren. Die Lichtschachttheorie ergibt eine solche Verstärkung nicht.

[2] Ein Beweis dafür, daß die Kristallmoleküle gleich den Gasmolekülen sein müssen, wie G. Tammann, Ber. d. D. chem. Ges. **44**, 3627, 1911 aus anderen

Jedenfalls dürfen wir heute dreist von Molekülen sprechen und versuchen, wie sich aus deren Eigenschaften das Verhalten der Stoffe auf dem Wege der Rechnung ableiten läßt.

XXVIII. Gestalt und innere Beschaffenheit der Moleküle.

Sichergestellt scheinen namentlich folgende Ergebnisse: 1. In 1 kg eines beliebigen Stoffes vom Molekulargewicht M sind $\frac{640}{M}$ Quadrillionen Moleküle enthalten. 2. In 1 cbm eines Gases oder einer verdünnten Lösung von 0° und der Expansivkraft bezw. dem osmotischen Druck 101 365 Dezimegadynen pro qm befinden sich 31,5 Quadrillionen Moleküle. 3. In einem Kristall sind die Moleküle in Raumgitterart angeordnet, derart daß die Abstände durch das Molekularvolumen bestimmt werden.

Welches dagegen die Form der Moleküle ist und die Natur der sie zusammenhaltenden Kräfte, ist noch immer unaufgeklärt, so daß auch heute noch der Physiker die Eigenschaften eines Stoffes nicht in der Weise vorauszuberechnen vermag wie der Techniker die Leistungen einer Maschine, deren einzelne Teile er nach Maß und Wirkungsart genau kennt. Immerhin dürfte durch die dargelegten Forschungen, besonders durch die Entdeckung des Herrn Laue, ein großer Fortschritt erzielt sein[1]. Sehr wesent-

---

Gründen annimmt, läßt sich daraus nicht ableiten, denn wenn (meiner Ansicht zufolge) die Kristallmoleküle lockere Aggregat der Gasmoleküle sind, so werden bei der großen Dichte der Kristalle die tatsächlichen Abstände der Gasmoleküle nahe dieselben sein, wie wenn sie nicht zu Kristallmolekülen verbunden wären.

[1] Von großem Interesse erscheinen auch die Ergebnisse von E. v. Fedorow, Zeitschr. f. Kristallogr. **38**, 321, 1904; **42**, 9, 1907; **50**, 522, 1912, welchem gelungen ist, die Regel für die richtige Aufstellung, d. h. die Wahl der Haupt- und Nebenachsen bei Kristallen zu finden. Man kann hiernach zwei Extreme in der Reihe der Kristallformen unterscheiden, nämlich Blättchen und Nadeln und in jedem Fall wieder solche mit viereckigem und solche mit sechseckigem Querschnitt (Raumgitter). Bei den Blättchen ist die Dichte im Raumgitter in der Ebene der Blättchen am größten, diese ist deshalb Spaltungsebene; bei den Nadeln ist die Dichte der Molekularanordnung in der Richtung der Längsachse am größten, die Spaltebenen sind dieser parallel. Läßt man einen kugelförmig geschliffenen Kristall wachsen (s. D. N. Artemiew, Zeitschr. f. Kristallogr. **48**, 422, 1911), so erscheinen zunächst die Flächen größter Netzdichtigkeit, welche man auch unabhängig hiervon auf statistischem Wege ermitteln kann, insofern sie die am häufigsten zu beobachtenden und vorwiegenden sind. Anfänglich treten dann bei Ergänzung der Kugel zum polyedrischen Kristall auch noch seltenere Flächen auf, sie verschwinden aber infolge der Vergrößerung der Flächen größter Netzdichtigkeit und zwar am schnellsten diejenigen, welche minimaler Netzdichtigkeit entsprechen. Man kann also sowohl durch Wachstumsbeobachtungen bei

lich ist auch für den Fortgang der Untersuchungen die durch Entdeckung des radioaktiven Atomzerfalls geschaffene Vereinfachung, insofern es nicht mehr nötig erscheint, verschiedenartige nicht ineinander verwandelbare Materien anzunehmen, so wie schon die Gravitationserscheinungen vor langer Zeit dahin geführt hatten, eine einzige Urmaterie anzunehmen. Daß ein Stück Blei durch die gleiche Kraft geringere Beschleunigung erfährt wie ein Stück Holz, kann mit Rücksicht darauf, daß es gleichschnell fällt wie dieses, nur so erklärt werden, daß es in der Raumeinheit mehr Materie (Masse) enthält, daß es dichter ist, und gleiches gilt für die verschiedenartigen Atome. Freilich lehrt die Relativtheorie[1], daß der Begriff der »Masse« nur relativen Wert hat, so daß man dahin gelangt, nur den Elektronen reale Existenz zuzuschreiben, wobei freilich schon die Erklärung der Gravitationserscheinungen Schwierigkeiten bereitet[2], sowie die Erklärung der elektrischen, magnetischen und optischen Erscheinungen ohne Annahme eines Äthers, wie es das Relativitätsprinzip anscheinend fordert. Entgegengesetzter Ansicht ist allerdings z. B. G. Mie, welcher sich in folgender Weise ausspricht:[3] »Was die in neuerer Zeit gewonnenen Erfahrungstatsachen über das Wesen der Atome aussagen, ist im wesentlichen doch immer nur etwas Negatives, nämlich daß in ihrem Innern die Gesetze der Mechanik und die Maxwellschen Gleichungen nicht

Kugeln, wie auf statistischem Wege die natürlichen Achsen der Kristalle finden, wobei sich herausstellt, daß dies zugleich diejenigen sind, für welche die Flächensymbole die einfachsten werden. Stellt man nun die Blättchen (positiven Kristalle) so auf, daß die Senkrechte zur Blättchenebene vertikal ist, Nadeln (negative Kristalle) so, daß die Längsrichtung normal ist, so werden die Kristalle der verschiedenartigsten Stoffe miteinander vergleichbar, derart daß man in richtiger Weise den Einfluß der Beschaffenheit der Moleküle auf die Kristallform ermitteln kann und umgekehrt aus dieser die Beschaffenheit der Moleküle.

Von großem Interesse ist ferner, daß man durch Gleichsetzung der auf verschiedenen Wegen ermittelten Zahlen der Moleküle in 1 kg quantitative Beziehungen zwischen Erscheinungen erhält, die in gar keinem direkten Zusammenhang stehen.

[1] Siehe M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Fr. Vieweg & Sohn 1911; O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **23**, 51, 1910; Aus der Natur **7**, 705, 1911.

[2] S. M. Abraham, Phys. Z. **13**, 310, 793, 1912; Ann. d. Phys. **38**, 1056, 1912; **39**, 444, 1912. Abraham bestreitet die Richtigkeit der Einsteinschen Relativtheorie, welche konstante Lichtgeschwindigkeit annimmt, er betrachtet vielmehr letztere als Funktion des Gravitationspotentials, so daß z. B. ein in der Nähe der Sonne vorbeigehender Lichtstrahl eine Ablenkung erfahren müßte.

[3] G. Mie, Ann. d. Phys. **37**, 511, 1912; Grundlagen einer Theorie der Materie.

gelten können . . . Es scheint mir also . . . unbedingt notwendig zu sein, der Theorie von der Materie eine neue Grundlage zu schaffen . . . Die nächsten Ziele . . . sind: Die Existenz des unteilbaren Elektrons zu erklären und: Die Tatsache der Gravitation mit der Existenz der Materie in einem notwendigen Zusammenhang zu sehen . . . Die Grundannahme meiner Theorie ist, daß auch im Innern der Elektronen elektrische und magnetische Felder auftreten[1]. Die Elektronen und demnach überhaupt die kleinsten Teile der Materie sind nach dieser Auffassung, also mit dem Weltäther nicht wesensverschieden, . . . sie sind nur Stellen, wo der Äther einen ganz besonderen Zustand angenommen hat, den wir durch das Wort elektrische Ladung bezeichnen . . .[2]. Das Elektron ist kein scharf begrenztes Raumteilchen im Äther, sondern es besteht aus einem Kern, der kontinuierlich in eine Atmosphäre von elektrischer Ladung übergeht, die sich bis ins Unendliche erstreckt[3], aber schon ganz nahe am Kern so außerordentlich dünn wird, daß man sie auf keine Weise experimentell bemerken kann . . .« G. Mie findet, daß diese Hypothese zu einer allgemeinen Form für die Grundgleichungen der Ätherphysik führt, wenn man außerdem noch die weiteren Annahmen hinzufügt, daß das Relativitätsprinzip allgemeine Gültigkeit haben soll, und daß die bisher bekannten

[1] J. Stark, Phys. Zeitschr. **8**, 883, 1907, nimmt an, das positive Elementarquantum (Archion) sei eine Struktur aus negativen Elektronen, was man sich schwer vorstellen kann. Da die Feldstärke die Kraft auf ein bestimmtes Quantum Elektrizität ist, ein solches aber im Innern eines Elektrons nicht vorhanden gedacht werden kann, weil eben das Elektron auch wohl hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung die kleinste Elektrizitätsmenge ist, ist undeutlich, was Feldstärke im Innern eines Elektrons bedeutet. Die scheinbare Masse eines Elektrons ist nach den Versuchen von W. Kaufmann 1000 bis 2000 mal kleiner als die wägbare Masse eines Wasserstoffatoms, etwa = $1{,}56 \cdot 10^{-30}$ kg; der Durchmesser muß etwa 10^{-12} (ein Billiontel) mm betragen. Wäre die Masse eines Archions auch nur scheinbar, so wäre sein Durchmesser 10^{-17} mm. Siehe ferner J. J. Thomson, Die Korpuskulartheorie der Materie, Braunschweig 1908.

[2] Dies erinnert an W. Thomsons Wirbelatomtheorie, siehe O. Lehmann, Molekularphysik **2**, 372, u. ff., 1889; J. J. Thomson, Phil. Mag. March. 1904; May 1911; Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekulardynamik, Deutsch von B. Weinstein, Leipzig 1909; W. Wien, Ann. d. Phys. **5**, 507, 1901; G. Mie, Lehrb. d. Elektr. u. d. Magnet., Stuttgart 1910, Enke, S. 692; P. Lenard, Sitzb. der Heidelb. Akad. 1910, Nr. 16 und J. W. Nicholson, Phil. Mag. **22**, 864, 1911 und Monthly Notices of the Royal Society **72**, Nr. 1, 2, 8, 1911 u. 1912.

[3] Schon Faraday nahm unendliche Ausdehnung der Atome an, siehe O. Lehmann, Die elektrischen Lichterscheinungen. Halle 1898, 473.

Zustände des Äthers[1], nämlich elektrisches Feld, magnetisches Feld, elektrische Ladung und Ladungsstrom vollständig ausreichen, um alle Erscheinungen in der materiellen Welt (auch der lebenden) zu beschreiben. Auch das Prinzip der Erhaltung der Energie und das der Möglichkeit ihrer Lokalisierung[2] sind noch beizufügen.

Richtig ist jedenfalls, daß Theorie und Experiment zusammenarbeiten müssen, um weitere Fortschritte zu erzielen. Mir erscheint als besonders aussichtsvoll, eine theoretische Bearbeitung des Übergangsgebietes zwischen flüssigen und festen Körpern, speziell der Erscheinungen bei weichen, leicht deformierbaren und besonders bei flüssigen Kristallen[3], um so mehr, als deren Verhalten mit verschiedenen Grundannahmen der herrschenden Theorien noch nicht stimmen will[4]. Es scheint möglich zu sein, dasselbe durch elektrische und magnetische Kräfte zu erklären[5], doch ist eine quantitative Ableitung der Eigenschaften flüssiger Kristalle, sowie der der Kristalle und der Materie überhaupt aus dieser Annahme zurzeit nicht möglich.

[1] Dessen Existenz aber nach M. Planck mit dem Relativitätsprinzip nicht vereinbar ist.

[2] Welche aber z. B. im Fall der Gravitation große Schwierigkeiten bietet.

[3] Es sei insbesondere auch auf die pseudoisotropen Schichten (s. Die neue Welt der flüssigen Kristalle S. 196) hingewiesen, welche nach der Kontinuumstheorie ebenso homogen und regelmäßig sind, wie die Schichten homogener regelmäßiger Raumgitterstruktur (ebenda S. 222), so daß also ohne Molekulartheorie der Unterschied nicht erklärt werden kann; ferner auf die erzwungene Homöotropie (ebenda S. 183), speziell auf die Erscheinungen beim Strömen in Kapillarröhren (Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22 Taf. III Fig. 17 u. 18), da in Anbetracht der rascheren Strömung in der Achse und der Konstanz der Interferenzstreifen folgt, daß die Moleküle blättchenförmig sein müssen (vgl. auch Ann. d. Phys. **19**, 408, 1906), da Stäbchen schiefe Stellung annehmen würden. Weiter sind von Interesse die stetige Änderung der Auslöschungsrichtungen bei Deformation der Kristalle (s. S. 49) und der bei intensiver seitlicher Beleuchtung der Kristalltropfen im Dunkelfeld auftretende Tyndalleffekt.

[4] H. v. Wartenberg, Phys. Zeitschr. **12**, 837, 1230, 1911, u. G. Tammann, Ber. d. D. chem. Ges. **44**, 3627, 1911; dazu O. Lehmann a. a. O. **13**, 550 (Anm. 4), 1912, u. Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910

[5] O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 343 ff. Siehe ferner H. Kamerlingh Onnes u. W. H. Keesom, Die Zustandsgleichung, Enzykl. Math. Wiss. **5**, (10) 711, 1912, wo auch ältere Literatur (F. Richarz, J. J. Thomson, Lord Kelvin, P. Lenard, J. Stark usw. zitiert ist); ferner M. Reinganum, Ann. d. Phys. **10**, 334, 1903; **38**, 649, 1912; W. Voigt, Gött. Nachr. **34**, 1887, u. zahlreiche spätere Arbeiten; J. Beckenkamp, Zeitschr. f. Krist. **27**, 6, 1897 u. später, zuletzt: Ann. d. Phys. **39**, 346, 1912; E. Madelung, Zeitschr. f. Krist. **13**, 489, 1912 (Erklärung der Molekularkräfte durch eine diffuse den Raum erfüllende elektromagnetische Strahlung von der Wellenlänge der Röntgenstrahlen).

Über die Strahlungsgesetze, das Wirkungsquantum und das Nernstsche Theorem.

Von **H. Sieveking** und **E. Viefhaus**[1].

1. Einleitung.

Es sind jetzt bald 25 Jahre vergangen, seit H. Hertz seine epochemachenden Entdeckungen in den klassischen Arbeiten »über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen«, und »über die Strahlen elektrischer Kraft« in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften bekannt gab. Mit einem Schlage hob sich der Schleier, der das große Gebiet der Elektrizitätslehre verhüllt hatte. Der Nachweis stehender Wellen im Auditorium des Karlsruher Instituts, ihre Brechung im Prisma und Reflexion an Spiegeln enthüllten Ausbreitungsgeschwindigkeit und Wellennatur der elektrischen Schwingungen. Nicht nur die praktischen Erfolge dieser Entdeckung, die Hertzsche Funkentelegraphie mit ihrer selbst dem Laien verständlichen Tragweite zeigen den Wert dieser Versuche, noch mehr ist es der Erfolg der reinen Wissenschaft, der Zeit, Ort und Hilfsmitteln dieser Entdeckung für immer eine historische Bedeutung verleiht. War doch die Brücke geschlagen zwischen zwei großen Gebieten der Physik, der Elektrizität und der Optik. Die Faraday-Maxwellsche Theorie von der Verwandtschaft des Lichtes und der Elektrizität hatte ihre experimentelle Bestätigung gefunden; es war bewiesen, daß sich die elektrischen Kräfte mit einer zwar ungeheuer großen, aber doch endlichen, meßbaren Geschwindigkeit ausbreiten, die ebenso groß ist wie die des Lichtes.

Freilich war damit die Frage nach dem Wesen der Elektrizität noch nicht gelöst; aber man hatte in ihr eine neue Form der Energie erkannt, die sich nach den gleichen Gesetzen, wie die strahlende Wärme und die sichtbaren Lichtstrahlen fortpflanzte. Die älteren Auffassungen der Elektrizität als eines Fluidums, die

---

[1] Nach einem Vortrag und der Bearbeitung einer Preisaufgabe.

sich wohl hauptsächlich der bequemen und anschaulichen Darstellungsweise halber so lange gehalten hatten, waren jetzt hinfällig geworden und der energetische Charakter trat mehr und mehr in den Vordergrund.

Wie bei jeder Theorie, so stellten sich auch in diesem Falle bald Schwierigkeiten ein und das Bedürfnis nach einer Erweiterung. Es ist bekannt, wie sich aus dem Ausbau der Hertz-Maxwellschen Theorie durch H. A. Lorentz, die neue Theorie der Elektrizität — die Elektronentheorie — entwickelt hat, die, ohne auf die Maxwellschen Gleichungen zu verzichten, durch passende Erweiterung der Auffassung und der Form zu so schönen Resultaten geführt hat. Das Wesentliche dieser neuen Auffassung ist die Erkenntnis, daß die Elektrizität atomistischen Charakter haben muß, daß es ein elektrisches Elementarquantum gibt, eine genau definierte Menge von Elektrizität, die den kleinsten selbständig in Aktion tretenden Betrag darstellt. Es liegt nun die Frage nahe, wie sich diese Auffassung mit obiger energetischen verträgt: Auf den ersten Blick gar nicht, da man — wie das ja auch in den ganzen Vorstellungen von Faraday und Maxwell begründet ist — die Energie als etwas kontinuierliches und von allen Eigenschaften, die dem Stofflichen anhaften, unabhängiges sich gedacht hatte. Dieser Widerspruch scheint jetzt gemildert, da in neuester Zeit auch die Energie einen atomistischen Charakter gewonnen hat, als Frucht der Forschungen unserer führenden theoretischen Physiker. Bei dem Versuch, die experimentellen Ergebnisse der Versuche über die Strahlung theoretisch zu deuten, ist Max Planck zu der Auffassung gelangt, daß die Energie, die ein schwingendes System aufnimmt oder abgibt, nicht kontinuierlich absorbiert oder emittiert wird, sondern staffelweise, in sogenannten Energiequanten. Es ist dies eine Idee von ungeheurer Tragweite. Wie der vor kurzem verstorbene französische Mathematiker Poincaré[1] sagt, bedeutet sie die größte und tiefste Umwälzung der Naturphilosophie seit Newton.

Mit diesen Energiequanten soll sich die vorliegende Arbeit beschäftigen. Es sei zuerst eine historische Übersicht des Entwicklungsganges der Strahlungstheorie wieder gegeben, dann die Überlegungen, die zu der Einführung dieses neuen Begriffes geführt haben, darauf die Erfolge der neuen Auffassung, sowie die entgegen-

[1] H. Poincaré, Journ. de Physique: Sur la théorie des Quanta II, Jan. 1912.

gehaltenen Argumente; die Erfolge liegen hauptsächlich auf zwei Gebieten, einmal der erfolgreichen Wiedergabe der beobachteten Resultate der Strahlung durch die Theorie, zweitens der Erweiterung unserer Kenntnisse von der Natur der festen Körper. Über den Energieinhalt derselben, über die spezifische Wärme und ihr Verhalten bei tiefen Temperaturen gibt die von Einstein und Nernst erweiterte Plancksche Theorie ganz neue Aufschlüsse. Zum Schlusse sei kurz hingewiesen auf die neuesten Versuche, auch beim Magnetismus elementare Momente zu konstruieren.

2. Entwicklung der Strahlungstheorie.

Die Vorgänge der Emission der sichtbaren und der ihnen benachbarten ultraroten und ultravioletten Strahlen zerfallen in zwei wesentlich verschiedene Klassen, erstens diejenige, bei welcher die ausgesandte Strahlung lediglich von der Temperatur abhängt, die sogenannte »reine Temperaturstrahlung«, zweitens diejenige, bei welcher die Temperatur keine wesentliche oder doch nicht die einzig wesentliche Rolle spielt; letztere, die man als »Luminiszenz« bezeichnet, spielt bei unseren Betrachtungen einstweilen keine Rolle.

Das Gebiet der Temperaturstrahlung ist ein sehr großes; es umfaßt z. B. alle Vorgänge, welche man in den künstlichen Leuchtquellen als Lichtquelle benutzt; die Licht- und Wärmestrahlung, die von der Sonne zur Erde durch den Weltenraum gelangt und die Quelle aller Bewegung und alles Lebens auf der Erde ist, stellt uns den Strahlungs-Vorgang wohl im größten und schönsten Maßstabe dar.

Wenn wir einen Körper erwärmen, z. B. mit Hilfe einer Flamme, so wird seine Temperatur stetig immer höher. Wir denken uns den Vorgang so, daß die Moleküle des Körpers in immer heftigere Bewegung geraten. Äußerlich verrät sich dies bei festen und flüssigen Körpern durch die räumliche Ausdehnung; dem Gefühl verrät sich die Wirkung durch etwas mit unseren Gefühlsnerven wahrnehmbares, das wir als Wärme bezeichnen. Bei Gasen zeigt sich ebenfalls eine relativ noch stärkere Volumenvergrößerung oder bei konstant gehaltenem Volumen eine Zunahme des Druckes. Das Maß der hypothetischen Bewegung der einzelnen Moleküle oder ihre lebendige Kraft ist die Temperatur.

Wenn ein Körper z. B. ein Stück Eisen über eine bestimmte Temperatur erhitzt wird, so beginnt er meist eine dem Auge sichtbare Strahlung auszusenden und zwar glüht er bei 525° rot, bei 1000° gelb, bei 1200° weiß. Er sendet dann außer den Wärmestrahlen auch Lichtstrahlen aus. Man nennt diesen Vorgang »Emission«. Umgekehrt erwärmt sich ein Körper, wenn Licht- oder Wärmestrahlen auf ihn auftreffen. Hierbei zeigen sich sehr charakteristische Unterschiede; erfahrungsgemäß steht fest, daß dunkle Körper bei gleicher Bestrahlung ungleich mehr Energie aufnehmen, weiße dagegen viel mehr zurückwerfen; ersteren Vorgang nennt man Absorption, letzteren Reflexion.

Einen Körper, der alle auf ihn treffende Strahlung absorbiert, nennt man »einen vollkommen schwarzen« Körper; ein solcher existiert in Wirklichkeit nicht, er ist ein Idealfall, von dessen Verwirklichung man nicht weit entfernt ist. Lampenruß und Platinschwarz zeigen mit großer Annäherung das Verhalten des idealen schwarzen Körpers und noch angenäherter wird die schwarze Strahlung durch einen Hohlraum mit kleiner Öffnung realisiert.

Unter Einführung dieses schwarzen Körpers hat Kirchhoff im Jahre 1860 ein Gesetz aufgestellt, das aussagt: Das Emissionsvermögen eines beliebigen Körpers ist gleich seinem Absorptionsvermögen multipliziert mit dem Emissionsvermögen eines vollkommen schwarzen Körpers; oder: Das Verhältnis zwischen Emission und Absorption eines jeden Körpers ist gleich der Emission des vollkommen schwarzen Körpers

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = S_\lambda$$

Ist $A_\lambda = 1$, so wird $E_\lambda = S_\lambda$; also ist S_λ das Emissionsvermögen eines Körpers, dessen Absorptionsvermögen 1 ist, d. h. eines Körpers, der alle Strahlen der Wellenlänge λ absorbiert. Wenden wir diese Gleichung der Reihe nach auf alle verschiedenen Wellenlängen an, so stellt S_λ die Emission eines Körpers für alle Wellenlängen dar, dessen Absorptionsvermögen für alle Wellenlängen gleich 1 ist; das ist der »absolut schwarze Körper«.

Die wichtigste Folgerung aus dem Kirchhoffschen Gesetz ist die, daß ein Körper, der für die Strahlen einer bestimmten Wellenlänge ein bevorzugtes Emissionsvermögen besitzt, für die-

selben Strahlen auch ein besonders ausgeprägtes Absorptionsvermögen besitzen muß; das ist das Grundprinzip der Fraunhoferschen Linien. Es ist freilich ein viel allgemeinerer Vorgang und zwar der Ausdruck einer allgemeinen Eigenschaft aller Resonanzphänomene. Alle schwingenden Systeme vermögen Schwingungen ihrer Eigenfrequenz am besten zu absorbieren.

Strahlentheoretisch ist das Gesetz von Kirchhoff die erste feste Basis. Für die reine Temperaturstrahlung setzt es die Emission aller in der Natur vorkommenden Körper in eine einfache Beziehung zu der eines Grundkörpers. Kirchhoff selbst hat die Bedeutung seines Satzes scharf hervorgehoben, und ausgesprochen, daß die ganze Fruchtbarkeit dieses Gesetzes sich erst zeigen werde, wenn auf experimentellem Wege die Form der Funktion gefunden sein werde, die die Strahlung des schwarzen Körpers für jede Wellenlänge und jede Temperatur zu bestimmen gestattet.

Von den verschiedenen Versuchen, eine solche Beziehung zu finden, seien alle übergangen bis zu der im Jahre 1879 von Stefan formulierten Annahme:

$$E = \sigma T^4;$$

dieser auf rechnerischem Wege aus den Resultaten anderer Forscher abgeleitete Satz sagt aus, daß die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur sei.

Eine theoretische Herleitung des Gesetzes gab 1889 Boltzmann auf thermodynamischer Grundlage und unter Annahme des Maxwell-Bartolischen Strahlungsdruckes. Die Strahlungsenergie im Innern eines Hohlraumes, der durch einen beweglichen Stempel verschlossen ist, wird einmal zur Temperatursteigerung, dann auch zur Arbeitsleistung durch Verschiebung des Stempels um die Strecke x verwendet.

$$J\,d\,Q = d(x\,E) + p\,d\,x = E\,d\,x + x\,d\,E + \frac{E}{3}\,d\,x, \text{ da } p = \frac{E}{3}$$

$$J\,d\,Q = x\,d\,E + \frac{4}{3}\,E\,d\,x = x\,\varphi'(T)\,d\,T + \frac{4}{3}\,\varphi(T)\,d\,x$$

$$J \cdot \frac{d\,Q}{T} = \frac{x\,\varphi'(T)}{T}\,d\,T + \frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T}\,d\,x$$

Da $\frac{dQ}{T}$ die Entropievermehrung, ein vollständiges Differential sein muß, so gilt:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[x\,\frac{\varphi'(T)}{T}\right] = \frac{\partial}{\partial T}\left[\frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T}\right]$$

oder nach Integration:

$$\frac{\varphi'(T)}{T} = \frac{4}{3}\,\frac{\varphi'(T)}{T} - \frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T^2}$$

daraus

$$\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)} = \frac{4}{T}$$

$$\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\,d\,T = \frac{4}{T}\,d\,T$$

nach Integration erhält man:

$$ln\,\varphi(T) = 4\,l_n\,T + ln\,A$$

oder endlich

$$\varphi(T) = A\,T^4 \quad \text{q. e. d.}$$

Die experimentelle Bestätigung für die Existenz des Ätherdrucks gab Lebedew[1] (1900). Die Einheit ist die Maxwell-Bartoli oder MB Einheit.

Die nächst wichtige Frage, deren Lösung sich Lummer und Pringsheim widmeten, war die, wie die Emission des schwarzen Körpers für jede Temperatur auf die Strahlen verschiedener Wellenlänge verteilt ist. Sie bedienten sich hierzu des Lummer-Kurlbaumschen Glühtopfes, dessen Prinzip bereits Kirchhoff angegeben hatte.

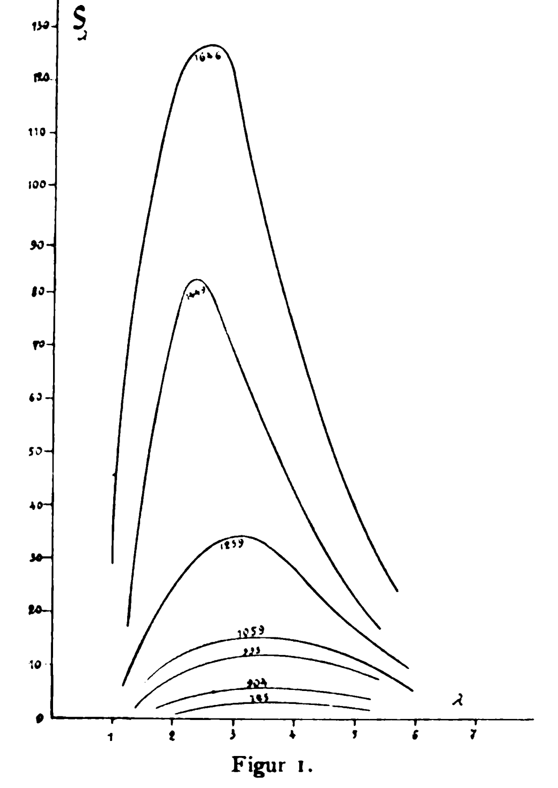
Die Energiemessung erfolgte bolometrisch. Das Hauptergebnis ist: Die Kurven (λ als Abszisse, S als Ordinate) für verschiedene Temperaturen schneiden einander nie[2], jede Kurve höherer Temperatur liegt vollständig oberhalb der Kurve tieferer Temperatur, d. h. die Energie jeder einzelnen Wellenlänge wächst mit steigender Temperatur. Die maximale Wellenlänge liegt für die verschiedenen Kurven an verschiedenen Stellen und zwar rückt mit steigender Temperatur das Maximum immer mehr nach kleineren Wellenlängen. Diese Beobachtungen spiegeln mit

[1] P. Lebedew, Ann. d. Phys. 6, 1901, 433.

[2] s. d. Kurven d. Figur.

großer Genauigkeit ein inzwischen von W. Wien[1] auf theoretischem Wege abgeleitetes Gesetz wieder, das man meist mit dem Namen »Wien'sches Verschiebungsgesetz« bezeichnet. In seiner einfachsten Form lautet es: $\lambda_{max}\, T = \text{const}$; die Konstante beträgt nach Lummer und Pringsheim 2940; einige Zahlen mögen die Übereinstimmung zeigen:

T	λ max	λ max · T
621,2	4,53	2814
723,0	4,08	2950
908,5	3,28	2980
998,5	2,96	2956
1094,5	2,71	2966
1259,0	2,35	2970
1460,4	2,04	2974
1646,0	1,78	2928
	Mittel	2940



Figur 1.

Das Verschiebungsgesetz von Wien lautet in der Differentialform:

$$\frac{dT}{T} = -\frac{d\lambda}{\lambda}$$

Es wurde übrigens von H. A. Lorentz[2] aus seiner elektromagnetischen Theorie abgeleitet und von M. Abraham[3] und Jeans[4] bewiesen. W. Wien stellte einen weiteren Satz auf, der eine Beziehung zwischen der maximalen Strahlung und der Temperatur gab, und zwar ist

$$S_{max} \cdot T^{-5} = \text{const.}$$

[1] Berl. Ber. 9/2. 1893.
[2] H. A. Lorentz, Akad. d. Wissensch. Amsterdam 18/V. 1901.
[3] Ann. d. Phys. 10, 1903, 105.
[4] Proc. Royal Soc. 76 (1905), p. 516.

Auch dieses Gesetz bestätigten Lummer und Pringsheim durch das Experiment und fanden die Konstante = $2188 \cdot 10^{-17}$. Ein weiterer Schluß von W. Wien ergibt eine Beziehung zwischen der Energie und der Wellenlänge bei einer bestimmten Temperatur. Es ist

$$e(\lambda, T) = f(T)\, F(\lambda, T)$$

$f(T)$ ist dadurch bestimmt, daß

$$\int_0^\infty e\, d\lambda = \text{const}\ T^4$$

sein muß. Setzt man $\lambda\, T = z$, so ist

$$\int_0^\infty e\, d\lambda = f(T); \int_0^\infty \frac{F(z)\, dz}{T} = \text{const.}\ T^4$$

woraus $f(T) = \text{const}\ T^5$ in Übereinstimmung mit obigem folgt. Es ist also:

$$e = T^5 F(\lambda, T) \text{ oder } e = \frac{F(\lambda, T)}{\lambda^5}$$

Die Bestimmung von F ist ohne Hinzunahme hypothetischer Elemente aus der Thermodynamik nicht abzuleiten[1].

Während die auf das Maximum der Energie bezüglichen Wienschen Gesetze durch die Versuche von Lummer und Pringsheim vollkommen bestätigt wurden, war das mit der Wienschen Gleichung für die Energieverteilung im Spektrum des schwarzen Körpers, die von sehr unsicheren kinetischen Hypothesen ausgeht, nicht der Fall. Schreibt man die Gleichung in der Form, die ihr Wien nach seiner Bestimmung der Funktion F gegeben hatte:

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 e^{c/\lambda T}}$$

und vergleicht die graphische Wiedergabe mit den Resultaten der Beobachtung, so ergeben sich systematische Abweichungen

Freilich hatte inzwischen Paschen eine sehr gute Übereinstimmung seiner Messungen mit der Wienschen Formel gefunden und Planck hatte aus der Theorie der elektrischen Schwingungen mit Hilfe der Thermodynamik eine neue Her-

[1] W. Wien, Enzyklopädie d. mathem. Wiss. V_3, Heft 2, S. 298.

leitung des Wienschen Gesetzes gegeben. Er glaubte, dieser Ableitung ein hohes Maß von Sicherheit zuschreiben zu können; er sah die Wiensche Gleichung als eine notwendige Folge der Anwendung des Prinzips von der Vermehrung der Entropie auf die elektromagnetische Strahlung an und gab ihr damit die gleichen Grenzen der Gültigkeit wie dem II. Hauptsatz.

Die Abweichungen wachsen, wie Lummer und Pringsheim fanden, sichtbar mit steigender Wellenlänge. Als auch Versuche von Rubens und Kurlbaum das Resultat von Lummer und Pringsheim bestätigten, beugte sich — wie Pringsheim sich ausdrückt (Archiv für Math. und Phys. VII) — die Theorie dem Experiment und Planck gab eine neue Gleichung für die Energieverteilung von der Form:

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 e^{c/\lambda T} - 1};$$

die Konstante c ist = 14600, die neu auftretende 1 ist für kleines λ ohne erheblichen Einfluß. Bei $\lambda T = 3000$ ist $e^{c/\lambda T} = 130$; der Fehler also $< 1\,\%$; wächst aber λT auf 30000, so beträgt $c/\lambda T = 1/2$ und $e^{c/\lambda T} = 1{,}65$; die Subtraktion von 1 verringert also den Wert der Größe S_λ beinahe auf $1/3$ des nach Wien berechneten Wertes.

Die von Planck zuerst auf Grund der Versuche von Lummer und Pringsheim aufgestellte Gleichung, die wiederum von Paschen (1901) bestätigt wurde, ist dann von ihm theoretisch abgeleitet. Sie ergibt die volle Harmonie zwischen Experiment und Theorie und stellt somit das von Kirchhoff gesetzte Ziel dar. Sie soll uns im folgenden beschäftigen und ihre Bedeutung mit spezieller Berücksichtigung der in ihr enthaltenen »Quantentheorie« eingehend gewürdigt werden.

Wir beginnen mit der mathematischen Herleitung der Strahlungsformel von Planck. Dabei folgen wir der Darstellung von W. Wien; Gebrauch gemacht wird von 3 Fundamentalannahmen:

1. der Auffassung des Entropiebegriffes als einer Wahrscheinlichkeitsgröße (nach Boltzmann),
2. der elektromagnetischen Grundgleichung für die Energie des Resonators im Zusammenhang mit der Wellenlänge und der Emissionsenergie,
3. dem Verschiebungsgesetz.

3. Die Energiequanten.

In der Formulierung der ersten Annahme ist — wie bald gezeigt werden soll — die neue Auffassung der gestaffelten Energieänderung, der Quanten, enthalten.

Die Plancksche Theorie ist eine Kombination der Hertzschen elektromagnetischen Strahlungstheorie mit einer statistischen Wahrscheinlichkeitsbetrachtung auf thermodynamischer Grundlage. Was den Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit anlangt, so kann man zunächst eine allgemeine Beziehung aus den Eigenschaften beider ableiten. Die Gesamtentropie zweier voneinander unabhängiger Systeme ist gleich der Summe der einzelnen Entropien.

$$S = S_1 + S_2;$$

die Wahrscheinlichkeit für die Existenz zweier unabhängiger Ereignisse ist bekanntlich gleich dem Produkt der einzelnen Wahrscheinlichkeiten:

$$W = W_1 \cdot W_2;$$

ist nun $S = f(W)$, so ist $S_1 = f(W_1)$ und

$$S_2 = f(W_2);$$

$$S_1 + S_2 = f(W_1 \cdot W_2) = f(W_1) + f(W_2);$$

diese Gleichung wird erfüllt, wenn

$$S = f(W) = k \log W + \text{const.}$$

ist. Die Gesamtheit der schwingenden Resonatoren, deren Zahl $= N$ ist, besitzt eine Energie U_N; auf jeden Resonator, d. h. jedes Emissionszentrum kommt eine mittlere Energie; die Anzahl der Emissionszentren ist endlich; soll die Anzahl der Energieverteilungsmöglichkeiten ebenfalls eine endliche sein, und diese Forderung ist nötig, denn sonst hätte das ganze Problem keinen Sinn in seiner Auffassung als Wahrscheinlichkeitsproblem, so folgt daraus, daß die auf die einzelnen Zentren zu verteilende Energie nicht beliebig teilbar ist, sondern aus nicht weiter unterteilbaren Energieelementen bestehen muß; sonst wären eben unendlich viele Verteilungsmöglichkeiten vorhanden. Da hier der Kern unseres Problems liegt, so sei ein Bild zum Vergleich herangezogen. Es soll unter eine bestimmte Anzahl von Personen

eine bestimmte Summe Geldes verteilt werden. Die Verteilungsmöglichkeiten sind, wenn die Teilung restlos aufgehen soll, natürlich um so geringer, je kleiner die Teilbarkeit der Summe ist. Sind die angenommenen 1000 Mark in 10 Scheinen vorhanden, so glückt die Verteilung eine ganz bestimmte Anzahl mal, die aus der Lehre von den »Kombinationen« bestimmt wird; sind 50 Stücke zu 20 M. vorhanden, so wächst die Verteilungsmöglichkeit. Ist die Teilbarkeit aber unbegrenzt, so verliert die Aufgabe ihren Sinn. Umgekehrt verlangt die Forderung einer endlichen Anzahl von Verteilungen, wie hieraus klar hervorgeht, die Existenz eines Teilfaktors, einer Einheit. Kehren wir jetzt zu der Ableitung der Formel zurück.

Das endliche Energieelement sei ε, dann ist $U_N = N U = M\varepsilon$; wo M eine ganze Zahl ist. Die Kombinationslehre ergibt die möglichen Verteilungen zu

$$\frac{(M+N-1)!}{(N-1)!\,M!}$$

nach der Stirlingschen Formel ist für großes N

$$N! = \left(\frac{N}{e}\right)^N \times \sqrt{2\pi N}$$

oder

$$\log N! = \frac{1}{2}\log(2\pi N) + N(\log N - 1)$$

oder angenähert unter Fortlassung der Glieder, die N in der ersten Potenz enthalten,

$$\log N! = N \log N;$$

die Entropie $S_n = k \log W + \text{const}$, ist also auch

$$S_n = k\,\{(M+N)\log(M+N) - N\cdot\log N - M\cdot\log M\} + \text{const}$$

oder nach Einführung von U und ε

$$S_n = k N \left\{\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right)\log\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\log\frac{U}{\varepsilon}\right\} + \text{const}$$

Da die Entropie der Anzahl N proportional sein muß, ist const = 0, und die mittlere Entropie des einzelnen Resonators

$$S = k\left\{1 + \frac{U}{\varepsilon}\log\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\log\frac{U}{\varepsilon}\right\}$$

Nun ist nach der thermodynamischen Definition

$$dU = T dS$$

also

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T} = \frac{k}{\varepsilon} \log \frac{1 + U/\varepsilon}{U/\varepsilon},$$

woraus

$$e^{\varepsilon/kT} = \frac{1 + U/\varepsilon}{U/\varepsilon} \text{ und weiter}$$

$$U = \frac{\varepsilon}{e^{\varepsilon/kT} - 1} \text{ folgt;}$$

dies ist die Beziehung zwischen Energie und Temperatur.

Zur Berechnung der Emission dient die aus der elektromagnetischen Strahlungstheorie folgende Gleichung

$$e_\lambda = \frac{cU}{\lambda^4}, \text{ wo } c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$$

die Lichtgeschwindigkeit ist.

Die Kombination mit der vorhergehenden Gleichung liefert

$$e_\lambda = \frac{c\varepsilon}{\lambda^4} \cdot \frac{1}{e^{\varepsilon/kT} - 1}$$

Hinzu kommt das Verschiebungsgesetz, nach dem $e^{\varepsilon/kT}$ eine Funktion von λT sein muß. Daraus folgt, daß ε umgekehrt proportional der Wellenlänge sein muß; es sei

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = h \cdot \nu$$

dann ist

$$*) \quad e_\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/k\lambda T} - 1} \text{ und}$$

in Übereinstimmung mit der Formel in 2

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 e^{c/\lambda T} - 1}$$

e_λ ist die Intensität eines monochromatischen geradlinig polarisierten Strahles von der Wellenlänge λ, der von einem auf der Temperatur T befindlichen schwarzen Körper senkrecht zur Oberfläche in das Vacuum emittiert wird. Für kleine Werte von λT geht die Gleichung *) über in die Gleichung:

$$e_\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} e^{-\frac{ch}{k\lambda T}}$$

die das Wiensche Energieverteilungsgesetz ausspricht. Für große Werte von λT hingegen wird

$$e_\lambda = \frac{c k T}{\lambda^4}$$

eine von Rayleigh aufgestellte und nach ihm benannte Strahlungsformel. Hieraus erkennt man die umfassende Bedeutung der Planckschen Gleichung. Die Größen h und k lassen sich aus den Messungen von Kurlbaum[1] und von Lummer und Pringsheim[2] berechnen, und zwar ergeben sich folgende Zahlenwerte:

h ist $= 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg sek. oder $6{,}55 \cdot 10^{-34}$ Joule sec.

k ist $= 1{,}346 \,.\, 10^{-16}$ erg/grad oder $13{,}46 \,.\, 10^{-24}$ Joule/grad.

Auch auf die wichtige Frage, inwiefern einer Strahlung Temperatur und Entropie zugeschrieben werden können, gibt die Quantentheorie ebenfalls Auskunft, da ihr zufolge der Strahlungsvorgang ein ebenso ungeordneter ist wie die molekulare Bewegung in einem Gase. Als Temperatur der Strahlung muß die Temperatur des Körpers betrachtet werden, von welchem sie ausgeht, und die Entropie bestimmt sich in gleicher Weise durch den Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des herrschenden Zustandes wie bei einem Gase[3].

Ein weiteres Ergebnis der Planckschen Theorie, das auf einem ganz anderen Gebiete liegt, ist die theoretische Ableitung zweier fundamentaler Naturkonstanten, der Zahl N und der Zahl e; erstere, die Anzahl Gasmoleküle in 1 ccm bei 0° und 760 mm Quecksilber ergibt $2{,}76 \cdot 10^{19}$, letztere wird $e = 4{,}69 \cdot 10^{-10}$ e. s. e. in Übereinstimmung mit den neuesten experimentellen Befunden von Rutherford und anderen. Genauere Angaben hierüber siehe bei Pohl[4]. Endlich ist in den Strahlungsgesetzen ein wirklich absolutes Maßsystem, das sogenannte natürliche Maßsystem, enthalten, indem sich die Grundeinheiten so festsetzen lassen, daß die 2 Konstanten der Planckschen Strahlungsformel und die Lichtgeschwindigkeit sämtlich = 1 werden. Die dadurch festgelegten

[1] Ann. d. Phys. 65, 1898, 759.

[2] Verhdl. d. D. Phys. Ges. 2, 1900, 176.

[3] O. Lehmann, Verhdl. d. naturwissensch. Vereins in Karlsruhe, S. 284 u. 285, 24. Bd. 1910/11.

[4] Jahrb. d. Radioakt. u. Elektron. 1910.

Einheiten wären von allen irdischen Faktoren frei und müßten z. B. für die Marsbewohner das gleiche System liefern wie auf der Erde oder einem beliebigen Planeten.

Es sei jetzt kurz eine Schwierigkeit der Quantentheorie erwähnt. Wie aus der Ableitung hervorgeht, besitzt sie — und das ist Planck selbst von vornherein klar gewesen — einen wunden Punkt. Die Ableitung bedarf der Maxwellschen Gleichungen, kommt aber andererseits wieder mit den Grundanschauungen dieser Theorie in Konflikt. Hierauf kommen wir bei der Besprechung der neuen Modifikation der Theorie zurück.

Schwierig ist ferner die Beantwortung der Frage nach dem Energieaustausch. Wir folgen hier der Darstellung von H. Poincaré (loc. cit. p. 1). Planck sieht die Strahlung der festen Körper an als bedingt durch eine sehr große Anzahl von Hertzschen Oszillatoren. Jeder hat eine Eigenfrequenz und emittiert streng monochromatisches Licht. Infolge des Energieaustausches zwischen diesen Resonatoren stellt sich zwischen ihnen eine Energieverteilung her nach einem gewissen Gesetz, woraus eine bestimmte Verteilung der ausgestrahlten Energie im Spektrum resultiert. Das setzt die Möglichkeit eines Energieaustausches voraus, obwohl jeder Resonator nur Licht von bestimmter Farbe (Frequenz) emittieren und absorbieren kann. Denn fände dieser Austausch nicht statt, so bestände keine Tendenz zu einem Endzustand, die Anfangsverteilung hätte dauernden Bestand. Möglich ist der Austausch auf zwei Weisen:

1. Durch Vermittlung des Äthers; die Resonatoren sind in relativer Bewegung, wodurch nach dem Dopplerschen Prinzip ihre relative Frequenz sich ändert, oder sie sind Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Zerstreuungen ausgesetzt; auch dadurch könnten Änderungen der Frequenz und Austausch erfolgen.

2. Durch mechanische Phänomene, in Sonderheit den Zusammenstoß; hier würde nicht die direkte Wirkung der Resonatoren aufeinander in Frage kommen, sondern der Energieaustausch durch die materiellen Atome vermittelt werden.

Poincaré beschränkt sich auf die Behandlung des zweiten Falles[1].

[1] Poincaré verspricht eine weitere Arbeit, die den ersten Fall in sich begreifen soll; doch ist die Erfüllung dieses Versprechens durch seinen im Juli erfolgten Tod leider hinfällig geworden.

Es steht indessen schon jetzt fest, daß in beiden Fällen das gleiche Verteilungsgesetz heraus kommen muß, wenn an der Gültigkeit des II. Hauptsatzes der Thermodynamik festgehalten wird. Die Hypothese der Quanten oder der »saut's brusques« ist aber auch nach Poincaré die einzige, die einwandfrei zu der Planck schen Formel führt[1]. Man muß sie annehmen, so sehr sie auch von den üblichen Ideen abweicht, selbst auf die Gefahr hin »die physikalischen Gesetze nicht mehr durch Differentialgleichungen ausdrücken zu können«.

Wir können die Schwierigkeiten der neuen Auffassung auch noch in anderer Weise kennzeichnen. Nach den gewöhnlichen Vorstellungen ist der Äther ein Kontinuum und besitzt als solches unendlich viele Freiheitsgrade. Demzufolge muß der Äther, wenn er mit einem ponderablen Körper im Gleichgewicht ist, sofern der Vorgang dem Hamiltonschen Prinzip gehorcht — und letzteres ist bekanntlich auf die Elektronentheorie ausdehnbar —, alle Energie aufnehmen; der ponderable Körper würde im Gleichgewicht die Temperatur o absolut annehmen und das ist offenbar unmöglich. Es ist also auf die Strahlung das Hamiltonsche Prinzip nicht anwendbar[2]. Dies ist freilich kein Einwurf gegen die Plank sche Spezialhypothese, sondern er trifft jede Strahlungshypothese; im Gegenteil trägt Planck der Schwierigkeit insofern Rechnung, als er für den leeren materiefreien Raum die Maxwellschen Grundgleichungen bestehen läßt und nur dort, wo materielle Atomgebilde sind, den Schwellenwert der Emission annimmt. Auf die Modifikation seiner Theorie, die in der Beschränkung der Quantenhypothese auf die Emission und Verlassen derselben bei der Absorption besteht, kommen wir später zurück (Abschnitt 10).

4. Erweiterungen.

Viel radikaler geht A. Einstein vor, desgleichen J. Stark. Sie gehen beträchtlich über Planck hinaus und nehmen die Energieelemente nicht nur bei der Aufnahme und Abgabe durch die Resonatoren an, sondern schreiben ihnen auch selbständige Existenz im Äther zu.

---

[1] Poincaré, Cemp. rend. 153, 1911, p. 1103.

[2] H. A. Lorentz, Wolfskehl Vorträge, Ph. Z. XI. 1910, S. 1248.

Von den hierher gehörenden Erscheinungen beansprucht in erster Linie der photoelektrische Effekt unser Interesse. Wie Hallwachs zuerst beobachtete, entweichen aus hochpolierten Metallplatten bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht negative Elektronen von ganz bestimmter Geschwindigkeit. Nach Lenard und E. Ladenburg hängt diese Geschwindigkeit nur von der Frequenz, nicht von der Intensität des Lichtes ab; letztere hat nur Einfluß auf die Zahl der frei werdenden Elektronen. Nach Ladenburg ist der Hallwachseffekt unabhängig von der Temperatur, woraus zu folgern ist, daß der Vorgang kein rein chemischer ist, dessen Reaktionsgeschwindigkeit eine Temperaturfunktion sein müßte. Dem Lichte ist nur eine auslösende Rolle zuzuschreiben. Die Grundursache liegt tiefer und dürfte verwandt sein mit dem Prozeß, der die Ausschleuderung von Elektronen bei radioaktiven Substanzen bewirkt.

Verschieden von dieser Auffassung ist die Einsteinsche[1], daß die Energie der Elektronen direkt aus der des Lichtes stammt. Ein einzelnes Lichtquantum hat genügend Energie, ein Elektron aus dem Metallverbande zu befreien; auch schwaches Licht vermag den Elektronen die gleiche Geschwindigkeit zu verleihen; so vermindert sich mit der Zahl der Quanten nur die Zahl der Elektronen.

Auch die Größenordnung stimmt; setzt man mit Planck

$$h = 6{,}5 \cdot 10^{-27}$$

$$\nu\,\text{u. v.} = 1{,}03 \cdot 10^{+15}$$

(u. v. = ultraviolett),

so wird

$$h\nu = 6{,}7 \cdot 10^{-12} \text{ erg.}$$

Nach Lenard beträgt die Energie beim Photoeffekt

$$3 \cdot 10^{-13} \text{ erg;}$$

ist also erheblich kleiner als das Energiequantum. Die Einsteinsche Lichtquantentheorie begegnet indessen erheblichen Schwierigkeiten. Die Interferenzerscheinungen bei hohen Gangunterschieden und die Beugungstheorie der optischen Instrumente liefern hier Einwände, die einstweilen nicht zu widerlegen sind.

Sonst hat die Einsteinsche Auffassung viel Bestrickendes, wie dies O. Lehmann[2] hervorhebt. Für die Abnahme der

---

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. 17, 1905, 132.

[2] O. Lehmann, loc. cit.

Strahlungsintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle hätte man sich einfach ein Bild zu machen, derart, daß die Lichtzellen weiter auseinander rücken, während jede Zelle ihre Größe behält und somit auch die Dichte der in ihr enthaltenen elektrischen und magnetischen Energie ungeändert bleibt; die Lichtzellen werden von den Oszillatoren in den ätherfreien absolut leeren Raum hineingeschleudert, wie die Newtonschen Lichtpartikelchen der Emanationstheorie; auch könnte die Theorie verständlich machen, daß und wie man die Fixsterne trotz ihrer Entfernung mit dem Auge wahrnimmt.

Einen rein physiologischen Einwand gegen die Einsteinsche Hypothese erhebt H. A. Lorentz[1]. Die Lichtquanten erweisen sich durchaus nicht als besonders klein, wenn man sie mit den Lichtmengen vergleicht, die durch unser Auge noch wahrgenommen werden können. Aus Messungen von v. Kries[2] kann man folgern, daß grüne Strahlen, die nur kurze Zeit auf das Auge treffen, einen Lichteindruck hervorrufen können, wenn die Netzhaut im ganzen von 30—60 Lichtquanten getroffen wird, während bei andauernder Bestrahlung die Lichtempfindung ungefähr 140 Lichtquanten pro Sekunde erfordert. Lorentz wirft die Frage auf, ob eine verhältnismäßig so kleine Anzahl von Einheiten genügen kann, um die Erscheinungen auf der Netzhaut, die doch ohne Zweifel von sehr verwickelter Art sind, hervorzubringen.

J. Stark hat wegen dieser Schwierigkeiten die Hypothesen wesentlich abgeändert. Seine wie die Hypothesen von Einstein haben nach H. A. Lorentz indessen einstweilen nur eine heuristische Bedeutung.

5. Quantentheorie und Thermodynamik.

Eine überraschende Unterstützung kommt der Planckschen Hypothese von einer ganz anderen Seite und zwar aus der Thermodynamik und deren Anwendungen auf die physikalische Chemie. Hier sind die Namen von Nernst und seinen Mitarbeitern, ferner von Einstein in allererster Linie zu nennen.

In den beiden Hauptsätzen der klassischen Wärmetheorie tritt in der Gleichung für die Energie bezw. die Entropie je eine additive Konstante auf. Im ersten Fall bietet sie keine erheb-

[1] Phys. Zeitschr. XI, 1910, S. 352.

[2] Zeitschr. f. Sinnesphysiologie 41, 1906, . 373.

liche Schwierigkeit. Wir sind gewohnt, nur von Energieänderungen zu sprechen, ohne uns um den Anfangswert oder überhaupt einen bestimmten Zahlenwert derselben viel zu kümmern.

Anders liegt die Sache beim II. Hauptsatz. Es war daher ein immerhin überraschender Schluß, den Nernst 1906 zog, als er aus seinen Überlegungen heraus die von der klassischen Thermodynamik in dem Ausdruck der Entropie noch unbestimmt gelassene Konstante auf eine sehr einfache Weise festlegte.

In der von Planck[1] gegebenen Ausdrucksweise lautet das Nernstsche Wärmetheorem, das man gelegentlich auch als den III. Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnet: Die Entropie eines kondensierten, d. h. festen oder flüssigen chemisch einheitlichen Stoffes beim Nullpunkt der absoluten Temperatur besitzt den Wert 0.

Die Entropie eines kondensierten Körpers ist:

$$S = \int C_p \frac{d\,T}{T}$$

die obere Grenze ist T, die untere nach Nernst Null, so daß die Entropie vollständig lautet

$$S = \int_0^T C_p \frac{d\,T}{T}\text{; Nernst fordert } S_{(0)} = 0\text{, als Ausdruck obigen Satzes.}$$

Hieraus folgt vor allem, daß C_p für $T = 0$ verschwindet, eine weitreichende Forderung, die besagt, daß die Wärmekapazitäten mit abnehmender Temperatur gegen Null konvergieren, ein in neuester Zeit durch Messungen bestätigtes Ergebnis.

Ferner gestattet das Nernstsche Wärmetheorem, wenn die Umwandlungswärme r und die spezifischen Wärmen C'_p und C_p in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bekannt sind, die Schmelztemperatur bezw. die Umwandlungstemperatur des Körpers zu berechnen, aus der Gleichung

$$r - T\int_0^T \frac{c'p - c\,p}{T}\, d\,T = 0.$$

[1] M. Planck, Ph. Z. XIII, 1912, S. 170.

Es ließen sich noch weitere Beispiele für die Fruchtbarkeit dieses Theorems anführen.

Die tiefe Bedeutung der Nernstschen Annahme über die Entropie läßt sich nur verstehen, wenn wir wiederum in gleicher Weise wie oben die Entropie als Wahrscheinlichkeit betrachten. »Die in der klassischen Thermodynamik unbestimmt gelassene additive Konstante entspricht — vom atomistischen Standpunkt aus betrachtet — der Unbestimmtheit der für die Berechnung der Entropie benutzten Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit und da das Nernstsche Wärmetheorem den Wert dieser Konstanten eindeutig festlegt, so ist der physikalische Inhalt des Nernstschen Wärmetheorems, ganz allgemein gesprochen, dieser, daß die Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit nicht beliebig klein sind, sondern eine ganz bestimmte, in vielen Fällen direkt angebbare Größe besitzen.« (Planck l. c. 173).

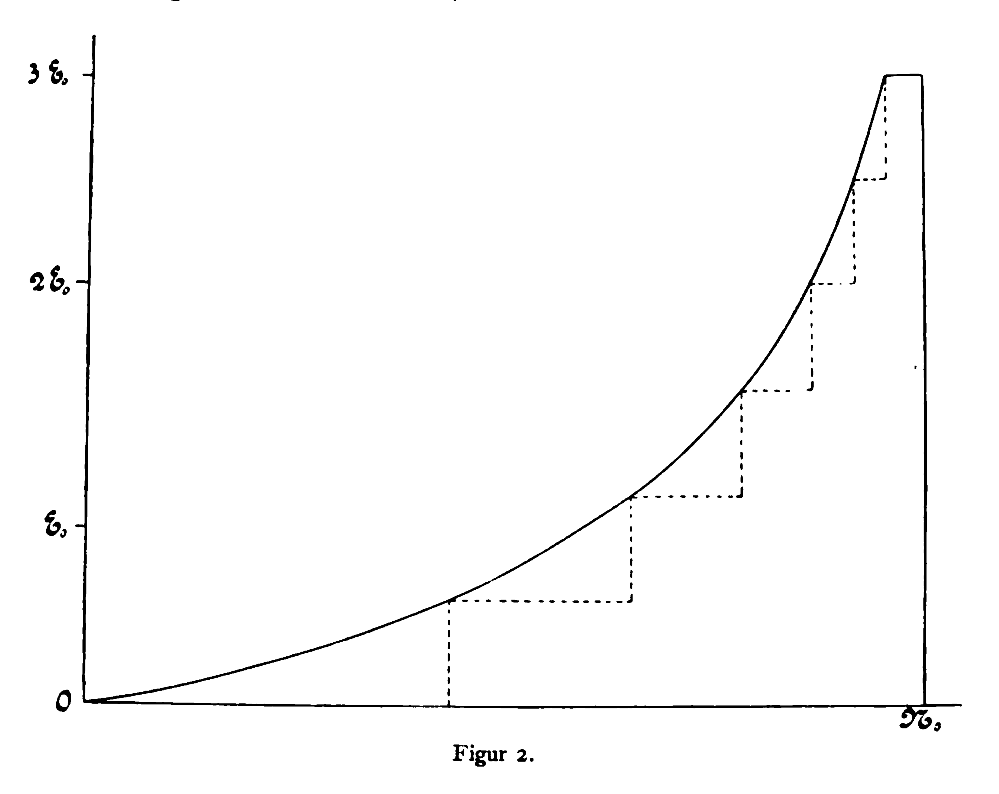
Es findet sich also auch hier die Notwendigkeit der Einführung von Diskontinuitäten und wie in der Strahlungstheorie die Existenz ganz bestimmter Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit.

Die nunmehr naheliegende Ausdehnung der Anwendung des elementaren Wirkungsquantums auf die theoretische Chemie hat nun eine Reihe überraschender Erfolge gezeitigt. Die diesbezüglichen Arbeiten von Nernst[1], Nernst und Lindemann[2], Einstein[3], Born[4] und v. Karmán, und Haber[5] seien hier kurz besprochen bezw. zitiert.

Folgendes ist im wesentlichen der Inhalt der Betrachtungen von Nernst. Die Anwendung der Prinzipien der kinetischen Theorie und speziell der statistischen Mechanik auf die spezifischen Wärmen hatte zu starken Widersprüchen mit der Erfahrung geführt und erst durch die Lehre von den Energiequanten, die Planck aufgestellt und Einstein verallgemeinert hat, scheint eine widerspruchsfreie Darstellung des Energieinhaltes der Körper,

[1] Zeitschr. f. Elektrochemie 17, 1911, 265.
[2] Ebenda S. 817.
[3] Ann. d. Phys. 22, 1907, 185.
[4] Ph. Z. XIII, 297, 1912.
[5] Verhdl. d. D. phys. Ges. 13, 1117, 1911.

d. h. des Ausdruckes $\int\limits_0^T C_v\, d\, T$ ermöglicht. Die älteren Auffassungen von Maxwell, Boltzmann und Richarz, vermochten zwar bereits die Erklärung für das Gesetz von Dulong und Petit (Gleichheit der Atomwärme für feste Körper) und der Erweiterung desselben (Gesetz von Kopp-Neumann) zu geben, versagten aber für die Erklärung der Abweichung bei tiefen Temperaturen und in Spezialfällen (Diamant).



Figur 2.

Der Mangel liegt offenbar nicht an der kinetischen Gastheorie. Vielmehr treten die Schwierigkeiten offenbar immer dann auf, wenn es sich um die Betrachtung der Schwingungen von Atomen um ihre Ruhelage handelt; dies ist ja in der Tat der Fall bei den Vorgängen, die Planck zu einer durchgreifenden Veränderung der Auffassung geführt haben.

Nebenstehende Figur gibt ein Bild von der Energieverteilung. Die Geschwindigkeiten der Atome eines Grammatoms in einem beliebigen Zeitmoment seien nach ihrer absoluten Größe geordnet,

die dazu gehörigen Energiewerte als Ordinaten aufgetragen in gleichen Abständen.

Einige Atome haben eine verschwindend kleine Geschwindigkeit, dann folgt eine große Anzahl von Atomen mit einer der mittleren Geschwindigkeit nahekommenden, und schließlich folgen einige wenige Atome mit einer sehr großen Geschwindigkeit.

Eine derartige Geschwindigkeitsverteilung gilt nur unter der Annahme, daß die Energie eines Atoms stetig veränderlich ist. Unter der Voraussetzung, daß der Energiezuwachs oder Verlust gleich dem Energiequantum sei

$$\varepsilon = h\nu = \frac{R}{N_0}\beta\nu,$$

ist das Verteilungsgesetz offenbar durch die unter der Kurve gezeichnete treppenförmige Linie gegeben. Die gesamte Energie W eines Grammatoms wird nach Einstein[1]

$$W = 3R\frac{\beta\nu}{e^{\beta\nu/T}-1},$$

woraus durch Differentation nach der Temperatur sich die »spezifische Wärme« pro Grammäquivalent zu

$$C_p = \frac{dW}{dT} = 3R\frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}}\cdot\left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(e^{\frac{\beta\nu}{T}}-1\right)^2}$$

ergibt, wo $3R = 5{,}94$ ist.

Die ältere Theorie, die den Energieinhalt

$$E_\nu = RT/N_0$$

setzt, führt kombiniert mit dem bekannten Planckschen Ausdruck für die Beziehung zwischen der mittleren Energie des Atoms und der Dichte der schwarzen Strahlung

$$E_\nu = \frac{c^3}{8\pi\nu^2}\cdot\varrho$$

zu der Formel von Rayleigh. Dieser kommt bekanntlich nur die Bedeutung eines Grenzgesetzes für große Werte von T/ν zu.

[1] Ann. d. Phys. 22, 186, 1907.

Der Einsteinsche Wert für E_r

$$E_r = \frac{R}{N_o} \frac{\beta r}{e^{\frac{\beta r}{T}} - 1}$$

gibt kombiniert mit dem gleichen Ausdruck die Plancksche Strahlungsformel

$$\varrho_r = \frac{R}{N_o} \cdot \frac{8\pi r^3}{c^3} \frac{\beta}{e^{\frac{\beta r}{T}} - 1} .$$

Ferner liefert die ältere Theorie den Energieinhalt der fortschreitenden Bewegung des Moleküls; dieser beträgt nach jeder Richtung der drei Raumachsen $\frac{R \cdot T}{2}$; für jeden Freiheitsgrad ist die mittlere Energie eines Atoms $^1/_2 \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24}$ T Joule, also für den festen Körper, da bei diesem die Atome 3 kinetische und 3 potentielle, also im ganzen 6 Freiheitsgrade besitzen, das Sechsfache dieses Betrages, also pro Kilogrammatom $6/2 \cdot 8319$ Joule/Grad $= \frac{3 \cdot 8319}{4189} = 5{,}96$ Cal/Grad.

Bei konstantem Volumen wird die Molekularwärme $3/2\ R$ oder 2,98; danach ist $3\ R = 5{,}96$ eine universelle Konstante, was nichts anderes ist, als der Ausdruck des Gesetzes von Dulong und Petit, in Worten: »Die Atomwärme ist für alle festen Körper gleich«. Die neue Theorie trägt auch den Abweichungen Rechnung. Außer denen, die die Metalloide zeigen, weist bekanntlich der Diamant am stärksten eine Abweichung von obigem Gesetze auf. Sie sind also zurückzuführen auf hohe Frequenz und ein demgemäß langsam erfolgendes Ansteigen der spezifischen Wärme mit der Temperatur. Die kritische Größe ist also die Atomfrequenz und wir kommen jetzt zu der Frage, wie über diese Größe Aufschlüsse zu gewinnen sind.

Einen Weg zur annähernden Bestimmung der Schwingungszahl gibt F. A. Lindemann[1] an, der sich auf Veranlassung von W. Nernst mit dieser Frage befasst hat. Wie schon oben erwähnt, macht er die Annahme, daß der Schmelzpunkt durch die Temperatur bedingt wird, bei welcher die Elongationen der Atome bei ihren Schwingungen um die Ruhelage kommensurabel mit ihrem Abstand werden.

[1] F. A. Lindemann, Ph. Z. (5), 11, 609 (1910).

Sei r_o die Elongation beim Punkte T_s, so ist

$$U = 2 \pi r_o r, \text{ also } m U^2 = m 4 \pi^2 r_o^2 r^2$$

dies ist nach Einstein auch:

$$m U^2 = \frac{3 R}{N_o} \frac{\beta r}{e^{\frac{\beta r}{T_s}} - 1}$$

Wird $\beta r / T$ klein gegen 1, was bei der relativ hohen Temperatur des Schmelzpunktes meist erfüllt ist, so wird

$$m U^2 = \frac{3 R}{N_o} T_s \text{ oder}$$

$4 \pi^2 m r_o^2 r^2 = \frac{3 R}{N_o} T_s$, also r proportional $\sqrt{T_s / m r^2}$; r_o ist proportional $V^{\frac{1}{3}}$, wo V das Atomvolumen des festen Körpers ist, also wird

$$r \text{ prop. } \sqrt{T_s / m V_o^{\frac{2}{3}}}$$

F. A. Lindemann hat so für Bi, Pb, Pt, Ag, Zn, Mg, Cu, Al, Cr, J, S, Si, Graphit, Diamant das zugehörige r berechnet und eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit den Werten gefunden, die sich aus den Abweichungen vom Dulong-Petitschen Gesetz für diese Körper ergeben.

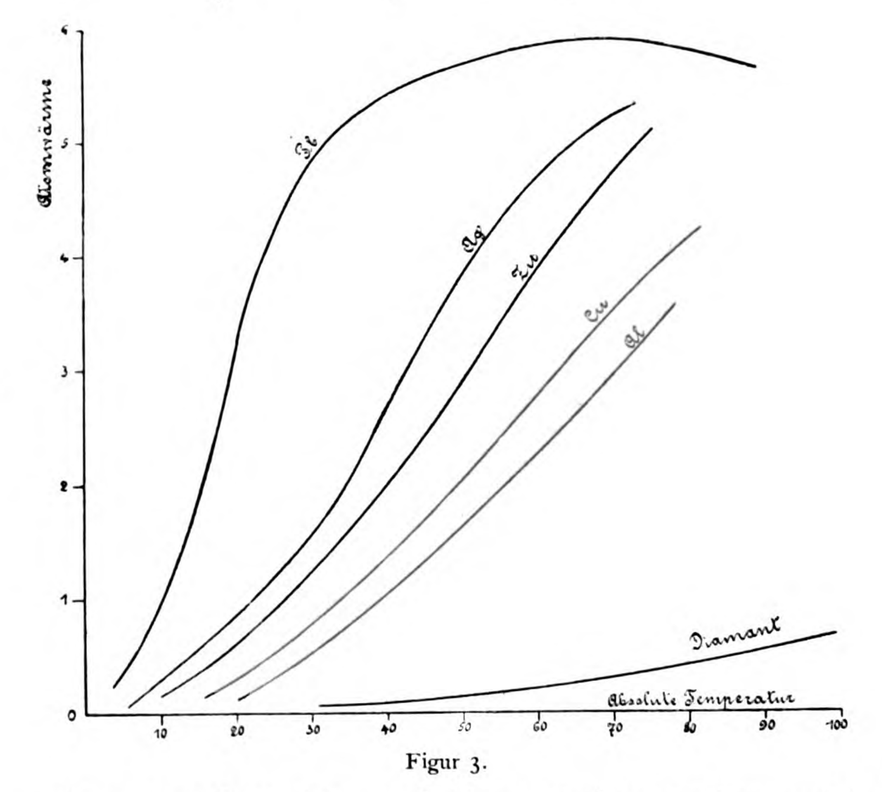
Auf Grund der Quantentheorie ist also das Dulong-Petitsche Gesetz, das solange rätselhaft blieb, wenigstens in großen Zügen aufgeklärt.

Zahlenmäßig liegt der Fall so, daß, wenn $\frac{T}{\beta r} > 0{,}9$ ist, sich die Atomwärme dem normalen Wert 5,96 nähert; ist aber $\frac{T}{\beta r} < 0{,}1$, so ist die Atomwärme nahe gleich 0, was auch verständlich macht, daß die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch ein Molekül, wenn r sehr groß ist, die Molekularwärme nicht merklich ändert.

Experimentelle Untersuchungen von Nernst und Eucken über die spezifische Wärme bei sehr tiefen Temperaturen zeigen eine gute Bestätigung der Theorie, speziell der aus ihr resultierenden Forderung, daß C_p nach 0 konvergiert für $T = 0$, was, wie oben angeführt, aus dem Nernstschen Wärmetheorem folgt. Beigefügte Figur gibt ein Bild des Verlaufes der Kurven.

Der obere Grenzwert ist 5,95, der untere 0. Das Material dieser Kurven gestattet übrigens eine weit schärfere Nachprüfung der Lindemannschen Formel. Die Tabelle, die Nernst (l. c. 275) gibt, zeigt dies:

	Ältere Werte	Neuere Werte	n. Lindemann
Pb	$1{,}2 \cdot 10^{12}$	$1{,}44 \cdot 10^{12}$	$1{,}4 \cdot 10^{12}$
Ag	3,3 —	3,3 —	3,3 —
Zn	3,7 —	3,6 —	3,3 —
Cu	3,3 —	4,93 —	5,1 —
Al	6,8 —	5,96 —	5,8 —
J	2,7 —	1,5 —	1,4 —



Figur 3.

Nernst äußert sich am Schlusse der besprochenen Arbeit dahin, daß niemand das obige Diagramm betrachten kann, ohne von der gewaltigen Kraft der Quantentheorie, die uns alles Wesentliche sofort verständlich macht, überzeugt zu werden. Für uns ist es kaum weniger wichtig, was

er nur nebenbei erwähnt, daß auch das Nernstsche Wärmetheorem darin eine glänzende Bestätigung findet.

In einer neueren Mitteilung hat Nernst zusammen mit F. A. Lindemann eine neue Formel angegeben, die nicht nur den Verlauf der spezifischen Wärme vollkommen wiedergibt, sondern auch eine Übereinstimmung zwischen den aus ihr berechneten Frequenzen und den tatsächlich beobachteten optisch gemessenen Schwingungszahlen, soweit dies kontrollierbar ist.

Die Formel kommt mit den von Einstein aus der Quantentheorie abgeleiteten Constanten aus.

Die durch Probieren gefundene Formel lautet:

$$C_v = \frac{3}{2} R \left\{ \frac{\delta^2 e^\delta}{(e^\delta - 1)^2} + \frac{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 e^{\frac{\delta}{2}}}{\left(e^{\frac{\delta}{2}} - 1\right)^2} \right\}$$

wo $\delta = \frac{\beta r}{T}$ ist. Die Übereinstimmung der aus dieser Formel berechneten Werte für r mit den Werten aus der Lindemannschen Formel ist sehr befriedigend.

Auch eine theoretische Deutung der Formel liefern Nernst und Lindemann. Sie nehmen an, daß bei tiefen Temperaturen die kinetische und die potentielle Energie nicht einander gleich sind und daß die zwei Glieder der neuen Gleichung und der älteren von Einstein den Energieinhalt teilen; bei höheren Temperaturen werden beide Glieder einander gleich, im Einklang mit der bekannten Folgerung, daß hier die Quantentheorie in die gewöhnliche Theorie übergeht. Nach Nernst sind die wichtigen Folgerungen für diese festen Körper die, daß bei sehr tiefen Temperaturen die Atome keine Schwingungen ausführen, sondern lediglich eine Ablenkung aus der Ruhelage erfahren; die Aufnahme der in diesen Ablenkungen aufgespeicherten Energie würde in halben Quanten erfolgen. Erst bei höheren Temperaturen würde die kinetische Energie in merklicher Menge in ganzen Quanten aufgenommen werden. Bei noch höheren Temperaturen, bei denen im allgemeinen jedes Atom bereits mehrere Quanten von kinetischer und potentieller Energie besitzt, würde sich dann ein Zustand herstellen, wie ihn die gewöhnliche statistische Mechanik bisher voraussetzte, d. h. es würde hier potentielle und kinetische Energie gleich werden und es würde ferner das Gesetz von Dulong und

Petit gelten. Die Formel von Nernst und Lindemann liefert gleichzeitig

1. die Möglichkeit einer einfachen Ableitung der Planckschen Strahlungsformel,

2. den Anschluß an den experimentell festgelegten Verlauf der Atomwärme,

3. die Möglichkeit, spezifische Wärmen von festen Körpern und Gasen aus optischen Daten zu berechnen.

Auch von anderer Seite hat die Einsteinsche Gleichung eine Modifikation erfahren. Gegen Einsteins Auffassung, daß jedem Elementargebilde mit 3 Freiheitsgraden und der Frequenz ν (nach Planck) die mittlere Energie

$$3 \frac{R}{N} \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

zukommt, und da N von ν unabhängig ist, somit jede Schwingungszahl zur Energie eines Grammoleküls den Betrag

$$3 R \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

beiträgt, die Gesamtenergie also

$$E = 3 R \sum \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

beträgt, machen Born und von Karmán[1] den Einwand, daß die Annahme einer Anzahl voneinander unabhängig schwingender Gebilde nicht erlaubt sei und noch viel weniger die Voraussetzung, daß die Anzahl der Gebilde jeder Frequenz gleich groß ist. Born und von Karmán machen im Sinne der Einsteinschen Theorie die Annahme, daß einer jeden Normalschwingung bei einer Temperatur T des Körpers die Energie zukommt, die ein Planckscher Resonator bei der Temperatur T besitzt, nämlich

$$f(\nu) = \frac{R}{N} \frac{\beta \nu}{e^{\beta \nu T} - 1}$$

[1] Ph. Z. XIII, 304, 1912.

an Stelle obigen Ausdruckes von Einstein tritt

$$E = R \frac{\beta r_0}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\sin \varphi/2 \, d\varphi}{e^{\frac{\beta r_0}{T} \sin \varphi/2} - 1}$$

und die spezifische Wärme wird

$$C = \frac{dE}{dT} = 3R \cdot \frac{3}{(2\pi)^3} \int_0^{2\pi} \frac{\left(\frac{\beta r_0}{T}\right)^2 \sin^2 \frac{\omega}{2} \cdot e^{\frac{\beta r_0}{T} \sin \omega/2}}{\left(e^{\frac{\beta r_0}{T} \sin \frac{\omega}{2}} - 1\right)^2} \omega^2 \, d\omega$$

Dieser Ausdruck hat mit dem von Einstein gemeinsam die Konvergenz gegen o mit abnehmenden T und bei großem T sich dem Wert des Gesetzes von Dulong und Petit zu nähern (5,95). Der Unterschied ist der, daß keine Eigenfrequenz ausgezeichnet ist, sondern alle Frequenzen des Spektrums in dem durch die Anzahl der Freiheitsgrade vorgeschriebenen Maße berücksichtigt sind.

Nach Born und v. Karmán ist das ganze Problem der spezifischen Wärme doch wesentlich verwickelter, als man es nach der ersten qualitativen Übereinstimmung der Einsteinschen Formel erwartet hatte; es ergibt sich keine universelle Funktion, sondern es gehen die molekulare Struktur und die molekularen Kräfte auch in die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme ein.

Es frägt sich somit, ob die Tatsache, daß man für die Theorie der spezifischen Wärmen mit der einfachen Planckschen Formel der Energieverteilung auskommt, als eine Bestätigung der Quantenhypothese selbst anzusprechen ist. In dieser Richtung kann man gewisse Bedenken nicht unterdrücken. Schwierigkeiten macht die Übertragung des bei isolierten Resonatoren verständlichen Energiequants auf die Schwingungen eines zusammenhängenden Systems[1].

6. Reaktionseffekt.

Neuerdings hat F. Haber[2] Beziehungen aufgestellt zwischen der Reaktionswärme bei chemischen Prozessen und den Elektronen-

[1] Eine Formel, die besser als die Einsteinsche und die Nernst-Lindemannsche sich den Beobachtungen anschließt, hat in neuester Zeit Hr. P. Debye abgeleitet. (Ann. d. Physik 39, 1912, 789.)

[2] F. Haber, Verhdl. d. D. ph. Ges. 13, S. 1117, 1911. Ph. Zeitschr. 12, 1035, 1911.

frequenzen, die sich aus dem selektiven photoelektrischen Effekt ergeben. Bekanntlich hat F. Haber zusammen mit G. Just den sogenannten »Reaktionseffekt« gefunden, d. h. die Elektronenemission bei der Reaktion aktiver Gase auf Kalium-Natrium, Rubidium, Cäsium. Er verknüpft das Plancksche Wirkungsquantum $h\nu$ mit der chemischen Energie. Allgemein gilt die Beziehung

$$\frac{Q}{h} = \Sigma\nu \text{ entstehend} - \Sigma\nu \text{ verschwindend.}$$

Ein Elektron von der Frequenz $7 \cdot 10^{-14}$ verlangt nach der Quantentheorie $4{,}5 \cdot 10^{-12}$ erg als Mitgabe auf den Weg, wenn es das Atom, dessen Verband es angehört, verlassen soll, um in den Raum abzufliegen. Diese Energie könnte nun ebenso gut wie durch Bestrahlung der Atome mit Licht von entsprechender Wellenlänge, auch durch Reaktion des Atoms mit einem chemisch verschiedenen andern Atom geliefert werden. Der »Reaktionseffekt« ist demnach dann zu erwarten, wenn die Energieänderung bei der Reaktion, bezogen auf das einzelne Molekül der entstehenden Verbindung, das Produkt aus der Planckschen Konstante h und der Eigenfrequenz des ausgeschleuderten Elektrons erreicht oder übersteigt. Dieser Schluß bestätigt sich bei den Hauptfällen, bei denen die Reaktion von nachweislicher Elektronenemission begleitet ist, vollkommen, wenn man die Wärmetönung der Reaktion als Maß der Energieänderung benutzt. Vom Standpunkt der Quantentheorie aus läßt sich also die beobachtete Elektronenemission bei den Reaktionen darauf zurückführen, daß zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind; einer der Reaktionsteilnehmer besitzt ein Elektron von genügend kleiner Frequenz, und der andere ist so gewählt, daß die Reaktionsenergie ausreicht, um dem Elektron beim Abfliegen ein Quant mit auf den Weg zu geben. Bei niedriger Temperatur sind diese beiden Bedingungen nun selten erfüllt, darum ist das Verdienst, die besonderen Bedingungen und die wirksamen Stoffe erdacht zu haben, besonders hervorzuheben [1]. Als weitere Konsequenz der Überlegungen von F. Haber folgt mittels des Hilfssatzes, daß in den Bewegungsgleichungen der Elektronen die Reibungskoeffizienten für die ultraroten und ultravioletten Schwingungen

[1] W. Hallwachs, Verhlg. d. Ges. D. Naturf. u. Ärzte 83, I, 1911, S. 228.

denselben Wert haben, eine Beziehung zwischen den Frequenzen im Violett und im Rot von der Form

$$\lambda \text{viol. } 42{,}81 \sqrt{M} = \lambda \text{rot};$$

wo M das Molekulargewicht des im Ultrarot schwingenden Gebildes ist, (l. c. pg. 1122). Obwohl die experimentellen Unterlagen vielfach nicht die volle für die Rechnung nötige Genauigkeit haben dürften, scheinen sie nach F. Haber dennoch mehr als eine zufällige Übereinstimmung zu bekunden, so daß im Sinne seiner Ausgangsüberlegungen (bez. deren auf die Originalarbeit verwiesen sei) die Beziehung der Planckschen Naturkonstante zur Wärmetönung der Reaktion und der bei der Elektronenemission (Reaktionseffekt) beobachtete Zusammenhang eine Stütze gewinnen.

7. Strahlung und Relativitätsprinzip.

Bei der fundamentalen Bedeutung der neuen Theorie der Strahlung liegt die Frage nahe, wie sie sich zu einer anderen prinzipiellen Neuerung der theoretischen Physik, dem Relativitätsprinzip von A. Einstein[1] stellt.

Letzteres sagt bekanntlich aus, daß die Naturphänomene an sich nicht ermöglichen, eine absolute Bewegung eines bevorzugten Systemes zu erkennen, oder mathematisch ausgedrückt, daß die Gleichungen auf ein bewegtes System transformiert Invarianten sind. Aus diesem Postulat, zu dem noch die Forderung der Unveränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit hinzutritt, folgt die berühmte Einsteinsche Kinematik, die Kontraktion einer bewegten Länge um $l[1 - \sqrt{1-\beta^2}]$, wo β das Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit ist und die Veränderung der Zeit für eine bewegte Uhr $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ Kontraktionen, die bekanntlich schon früher auf anderem Wege von H. A. Lorentz und Fitzgerald zur Deutung des negativen Resultates des Versuches von Morley und Michelson abgeleitet waren.

Aus der Theorie der Strahlung läßt sich ableiten, daß auch die Temperatur[2], nicht aber die Entropie zu den nach dem Relativitätsprinzip veränderlichen Größen gehört, und zwar ist

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{1-\beta^2}$$

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. 1905, Bd. 17.

[2] K. v. Mosengeil, Ann. Ph. 22, (1907), S. 898. Planck, Berl. Ber. 13/6, 1907, S. 546.

d. h. von einem ruhenden Punkte aus erscheint die Temperatur eines bewegten Körpers im Vergleich zur Ruhe im Verhältnis $\sqrt{1-\beta^2}$ verkleinert.

Weiter zeigt die Theorie, daß der Hohlraumstrahlung eine bestimmte Bewegungsenergie zukommt. Doch ist sie verschieden je nach den Bedingungen, unter denen die Geschwindigkeit erreicht ist, ob sie z. B. adiabatisch oder isotherm erlangt wurde. Die adiabatische Energiedichtung ist

$$U = \frac{8\pi e_0}{c} \frac{1+\frac{1}{3}\beta^2}{k^{\frac{2}{3}}}, \text{wo } \beta = \frac{v}{c} \text{ ist}$$

für $v = 0$ ist $U_0 = \frac{8\pi e_0}{c}$, also die Dichte der Bewegungsenergie

$$U - U_0 = \frac{8\pi e_0}{c}\left(\frac{1+\frac{1}{3}\beta^2}{k^{\frac{2}{3}}} - 1\right)$$

und die gesamte Bewegungsenergie im Volumen

$$U V - U_0 V_0 = V_0 (U k - U_0) = \frac{8\pi e_0}{c}\left\{(1+\tfrac{1}{3}\beta^2)\,k^{\frac{1}{3}} - 1\right\} V_0$$

$$= \frac{4\pi a}{c} T^4 V_0 \left\{(1+\tfrac{1}{3}\beta^2)\,k^{\frac{1}{3}} - 1\right\}$$

Hieraus ergibt sich, daß der Hohlraumstrahlung Trägheit zukommt. Sie besitzt daher auch scheinbare Masse. Für kleine Geschwindigkeiten beträgt sie

$$\frac{16\pi a T^4 V}{3c^3}$$ [1]

8. Photoelektrischer Effekt.

Endlich sei noch der Anwendung der Quantenhypothese auf den lichtelektrischen Effekt gedacht nach dem Vorgange von Sommerfeld. Der lichtelektrische Effekt ist mit dem Haberschen Reaktionseffekt wohl verwandt, doch prinzipiell davon verschieden. Nach der Lenardschen Auffassung wird ja bei ersterem die Energie aus dem Atom entnommen und der Effekt als ein Resonanzphänomen aufgefaßt, doch ist nach der neueren Ansicht, speziell der Einsteinschen Lichtquantenhypothese die auffallende Strahlung die Quelle der Energie. Kurz gesagt, ist der Vorgang

[1] W. Wien, Enzykl. d. Math. Wiss. V_3, 2, 344, 1909.

nach Lenard ein Resonanzphänomen, bei dem das an das Atom quasi elastisch gebundene Elektron ebenso reagiert wie z. B. in der Dispersionstheorie; nach Einstein hat man sich seine Energie aus der auffallenden Strahlung entnommen zu denken, also fundamental verschieden vom Reaktionseffekt, wo lediglich die Energie der Komponenten zur Geltung kommt. Sommerfeld und Debye[1] führen den Begriff der »Akkumulationszeit« ein, während der die Strahlung gewirkt haben muß, um die nötige Energie anzuhäufen; erst nach dieser Zeit wird das Elektron aus dem Atomverbande befreit.

Die Energie ist von derjenigen Größe, wie solche Lenard beobachtet hat und wie sie durch das Einsteinsche Gesetz gefordert wird. Die Bewegungsgleichung des Elektrons lautet:

$$m\ddot{x} + fx = e\mathfrak{E}$$

$$T = \frac{m}{2}\dot{x}^2 \text{ ist die kinetische Energie}$$

$$U = \frac{f}{2}x^2 \text{ ist die potentielle Energie.}$$

Nach Sommerfeld und Debye wird das Elektron dann frei, wenn das Wirkungsintegral

$$W = \int_0^T (T - U)\,dt = h/2\pi$$

geworden ist. Die Rechnung liefert

$$W = \int_0^T \left(\frac{m}{2}\dot{x}^2 - \frac{f}{2}x^2\right)dt = \frac{m}{2}x\dot{x} - \frac{1}{2}\int_0^T x(m\ddot{x} + fx)\,dt$$

oder mit Rücksicht auf die Bewegungsgleichung

$$W = \frac{m}{2}x\dot{x} - \frac{e}{2}\int_0^T x\mathfrak{E}\,dt$$

Der erste Term ist gleich der kinetischen Energie T des Elektrons, geteilt durch seine Eigenfrequenz, der zweite Term, das Zeitvirial, verschwindet im Falle der vollkommenen Resonanz. Danach ist:

$$W = \frac{h}{2\pi} = \frac{T}{n_0} \text{ oder } T = h\nu_0, \text{ da } n_0 = 2\pi\nu_0$$

[1] Verhlg. d. Ver. D. Naturf. u. Ärzte. Karlsruhe 1911. Berichte II, S. 45 und Ph. Z. 12, 1057, 1911.

ist. Dies ist das Einsteinsche Gesetz. Im Falle unvollkommener Resonanz sind zwei Fälle zu unterscheiden:

$$n > n_0 \text{ und } n < n_0$$

Im ersteren kommt es zu einer lichtelektrischen Emission, im zweiten Falle nicht. Beide Aussagen stehen in Analogie zur Stokeschen Regel.

Mit Bezug auf den photoelektrischen Effekt und die Röntgenstrahlen sei auch noch auf J. Stark (Prinzipien der Atomdynamik) verwiesen. Letzterer beansprucht übrigens für die Kombination des Wirkungsquantums mit der Wärmetönung eine Priorität vor F. Haber, was hier nur angedeutet werden kann. Die neuen Untersuchungen von M. Laue und seinen Mitarbeitern, über die die Diskussion noch nicht geschlossen ist, werfen auf das Wesen der Röntgenstrahlen ein ganz neues Licht. Bezüglich der Quantentheorie und ihrer Beziehung zu den Röntgenstrahlen sei hier außer auf J. Stark noch auf das neu erschienene Buch von R. Pohl[1] hingewiesen. Aus der Größe des Wirkungsquantums h läßt sich ein Schluß ziehen auf die Größenordnung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Es ist

$$\lambda = 300 \frac{hc}{\varepsilon V} = \frac{300 \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{4{,}55 \cdot 10^{-10} V} = 1{,}26 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{V};$$

Setzt man $V = 6 \cdot 10^4$ Volt, so wird $\lambda = 2 \cdot 10^{-9}$ cm, ein Wert, der in guter Übereinstimmung ist mit dem oberen Grenzwert aus den Bewegungsversuchen von Walter und Pohl[2]. Die neuesten Interferenzversuche an Kristallen, die von Laue und seinen Mitarbeitern ausgeführt worden sind, ergeben Wellenlängen zwischen 1,27 und $4{,}83 \cdot 10^{-9}$ cm.

9. Magnetonen.

Zum Schlusse der Arbeit sei noch kurz hingewiesen auf die fundamentalen Ergebnisse der Arbeiten von P. Weiß[3] über den Magnetismus. Auch bei diesem treten bestimmte Atom-Momente auf, von unveränderlicher Größe, die Magnetonen, die für den

[1] Pohl, L. C. pg. 128 und 155.

[2] R. Pohl, Physik d. Röntgenstrahlen. Braunschweig 1912, F. Vieweg.

[3] P. Weiß, Journ. d. Phys. (5), I, 965, 1911 und Phys. Zeitschr. 12, 935, 1911. Siehe auch O. Lehmann l. c. S. 294.

Magnetismus etwa das sind, was die Elektronen für die Elektrizität. Sie verhalten sich wie kleine Magnetchen von molekularen Dimensionen, haben also das Bestreben, sich parallel zu richten, doch werden sie hierin, wie Langevin gezeigt hat, durch die Wärmeschwingungen der Moleküle beständig gestört. Völlige Parallelrichtung tritt deshalb nur bei homogenen Kristallen und auch bei diesen nur beim absoluten Nullpunkt ein. Ein solcher Kristall verhält sich dann, obschon er nicht magnetisiert wurde, als Magnet. Mit steigender Temperatur wird sein Magnetismus infolge der zunehmenden Unordnung unter den Magnetonen schwächer, bis schließlich ein Punkt kommt, der Curiesche Punkt, wo die Parallelstellung und damit das Auftreten von nachweisbarem Magnetismus überhaupt unmöglich wird. Jedes Atom nimmt immer nur eine ganz bestimmte Menge von Magnetonen auf. Astatische Systeme der Magnetonen zieht O. Lehmann zur Erklärung der von ihm entdeckten »flüssigen Kristalle« heran.

10. Plancks modifizierte Strahlungstheorie.

Ber. d. D. phys. Ges. 13, S. 138, 1912.

Es war bereits erwähnt Kapitel 3, daß die Verträglichkeit mit den Maxwellschen Anschauungen der Elektrodynamik ein besonders schwieriger Punkt der Planckschen Energiequantentheorie war und wohl auch noch ist. Dort setzten zuerst die Angriffe ein und zwangen ja auch Stark und Einstein, indem sie die diskontinuierliche Struktur der Energie auch im Äther annahmen, zu einer prinzipiellen Aufgabe der elektrodynamischen Grundgleichungen. Diesem radikalen Standpunkt gegenüber legte sich Planck selber wohl aber mit Recht die Frage vor, ob nicht eine Überbrückung möglich erscheine, etwa derart, daß man an der Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen im Äther unbedingt festhält und die Diskontinuitäten der Energieverteilung als eine besondere Eigenschaft der in der Materie eingebetteten Resonatoren auffaßt, so etwa, daß diese nur in der Lage wären entweder Energie von der Größe 1, 2, 3 . . . . . Quanten zu absorbieren oder zu emittieren. In seinen ersten Publikationen hatte Planck sich — ohne nähere Begründung — in der Tat den Resonator als ein quantenhaft absorbierendes Gebilde vorgestellt, hatte also dem Resonator eine gewisse »Reizschwelle« zugeordnet, so daß er nur, wenn der auffallende Energiebetrag diesen Reizwert

gerade erreicht, dann plötzlich den ganzen Reizwert der Energie absorbiert. Führte nun diese Vorstellung, wie wir sahen, zur Ableitung eines richtigen Strahlungsgesetzes, so boten sich bei näherem Eingehen auf dieselbe doch Schwierigkeiten dar, sich einen solchen quantenhaft absorbierenden Mechanismus vorzustellen. Einmal ist offenbar eine solche Absorption nur in einer bestimmten endlichen Zeit denkbar, da doch eine solche vergehen muß, bis sich am Ort des Resonators ein Energiequantum ansammelt, und zweitens ließ sich auch aus den Maxwellschen Gleichungen für den reinen Äther nicht angeben, was in dieser Akkumulationszeit, die sich an der Stelle des Resonators sammelnde Energie, die kleiner ist als ein Quantum, tut, wie sie sich verteilt usw. Da sie nach den Maxwellschen Vorstellungen nur absorbiert, reflektiert, durch den Resonator gebeugt oder ungebeugt hindurchgehen konnte, alles das aber nicht durfte, sondern sich gleichsam an seiner Stelle anhäufen mußte, so führte die Absorptionsvorstellung Plancks zu einem Widerspruch mit der für den Äther doch stabilierten Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen. Außerdem mußte die Akkumulationszeit bei schwacher Strahlung, da die Quanten ja mit r wachsen bei gleichmäßig schwacher Strahlung, für die einzelnen r verschieden sein, also für die kleinen Wellenlängen, für die ja in den gewöhnlichen Lichtquellen auch die Intensität stark sinkt, sehr groß werden. Es wäre daher event. denkbar, die Strahlung so abzuschneiden, daß die kleineren Wellenlängen noch nicht absorbiert werden konnten, das Strahlungsgleichgewicht also auch noch nicht eingestellt wäre, eine ganz unmögliche Forderung, die vor allem der Auffassung der schwarzen Strahlung als thermischer Gleichgewichtsstrahlung absolut widerspricht. Durch ähnliche Überlegungen veranlaßt, modifizierte Planck seinen Standpunkt nun dahin, daß die Absorption stetig, dagegen die Emission quantenhaft verläuft. Es ist ohne weiteres klar, daß, da wir über die Vorgänge im Innern des Resonators gar nicht unterrichtet sind, diese Hypothese von den erwähnten Schwierigkeiten frei und mit der Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen im Äther vereinbar ist. Wie modifiziert diese Hypothese nun aber die Strahlungsformel? Die Ableitung ist ähnlich wie im ersten Falle, nur kann man natürlich an irgend einer Stelle nicht die im Zeitelement dt absorbierte Energie gleich der emittierten setzen, da ja die eine stetig, die andere unstetig

ist. Wohl aber kann man diese Gleichung für die in größeren Zeiträumen absorbierten und emittierten Mittelwerte dieser Energie festhalten. Führt man diesen Gedankengang näher aus, so erhält man für die räumliche Dichte ϱ_r der absorbierten Strahlung

$$\oplus \qquad \varrho_r = \frac{8\pi r^2}{c^3}\left(\bar{U} - \frac{hr}{2}\right)$$

wo $\bar{U}$ die mittlere Schwingungsenergie des Oszillators ist. Nach der alten Absorptionstheorie war dieser Zusammenhang zwischen räumlicher Dichte der absorbierten Strahlung und emittierten Gesamtenergie des Resonators gegeben durch

$$\varrho_r = \frac{8\pi r^2}{c^3} \cdot U$$

(c = Lichtgeschwindigkeit). Die Gedankengänge, die zur Einführung der Temperatur in diese Gleichung führen, d. h. mit anderen Worten die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, die die Entropie des Resonators als Funktion seiner mittleren Energie $\bar{U}$ ausdrücken, bleiben ziemlich unverändert, und ergeben als Entropie

$$S = k\left\{\left(\frac{\bar{U}}{hr} + \frac{1}{2}\right) l_n\left(\frac{\bar{U}}{hr} + \frac{1}{2}\right) - \left(\frac{\bar{U}}{hr} - \frac{1}{2}\right) l_n\left(\frac{\bar{U}}{hr} - \frac{1}{2}\right)\right\}$$

Führt man dies in die thermodynamische bekannte Gleichung

$$\frac{1}{T} = \frac{dS}{dU}$$

ein, so ergibt sich für die Energie des Oszillators

$$\bar{U} = \frac{hr}{2}\,\frac{e^{hr:kT} + 1}{e^{hr:kT} - 1}$$

ein Wert, der von dem entsprechenden der ersten Theorie nur um den Faktor $\frac{hr}{2}$ verschieden ist. Also wie die obige Formel $\oplus$ zeigt, ist das Gesetz der schwarzen Strahlung in dieser neuen Auffassung unverändert geblieben. Die neue Auffassung modifiziert nur den Wert der Schwingungsenergie eines Oszillators, die nach ihr auch beim absoluten Nullpunkt nicht verschwindet. Natürlich ist eine experimentelle Entscheidung bei dieser Größe unmöglich.

Wenn auch die Modifikation die Schwierigkeiten der Planckschen Hypothese herabmindert, so läßt sie doch die Hauptschwie-

rigkeit, nämlich die Frage, wie ein solcher Resonator mit einem Schwellenwert der Emission gebaut sein müßte, bestehen. Doch kann man die Unmöglichkeit eines solchen a priori auch nicht behaupten.

Die vorstehende Arbeit ist hervorgegangen aus einer Bewerbung um den Preis der Eisenlohrstiftung, deren Thema lautete: »Darlegung der Energiequanten« und aus einem Vortrage über die »Neuere Entwicklung der Thermodynamik«. Die Verfasser möchten auch an dieser Stelle dem Direktor des Hamburger Physikalischen Staatslaboratoriums, Herrn Professor Dr. A. Voller, ihren Dank aussprechen für die freundliche Erlaubnis der Benutzung der Institutsbibliothek, desgleichen Herrn Dr. E. Oettinger-Berlin für manchen wertvollen Ratschlag.

Karlsruhe, Dezember 1912.

Physik. Inst. d. Techn. Hochschule.

Benutzte Literatur.

A. Einzelheiten:

H. Poincaré, Journal de Physique, Jan. 1912.
P. Lebedew, Ann. d. Phys. 6, 1901, 433.
W. Wien, Berl. Berichte 9/2, 1893.
H. A. Lorentz, Akad. d. Wissensch. Amsterdam, 18, 5, 1901.
M. Abraham, Ann. d. Phys. 10, 105, 1903.
J. H. Jeans, Proc. R. Soc. 76, 516, 1905.
W. Wien, Enz. d Math. Wiss. V. (3) 298, Heft 2, 1909.
E. Pringsheim, Arch. f. Math. u. Phys. VII, S. 252, 1904.
F. Kurlbaum, Ann. d. Phys. 65, 759, 1898.
O. Lummer u. E. Pringsheim, Verh. d. D. Phys. Ges. 2, 176, 1900.
O. Lehmann, Verh. d. Naturw. Ver. Karlsruhe, 24, 284, 285, 1911.
R. Pohl, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. 1910.
H. Poincaré, Journal de Physique, Jan. 1912.
H. Poincaré, C. R. 153, 1103, 1911.
H. A. Lorentz, Ph. Z. XI, 1248, 1910.
A. Einstein, Ann. Ph. 13, 132, 1905.
O. Lehmann, l. c. 285.
H. A. Lorentz, Ph. Z. XI, 352, 1910.
J. v. Kries, Z. f. Sinnes Physiol. 41, 873, 1906.
M. Planck, Ph. Z. XIII, 170, 1912.
W. Nernst, Z. f. El. Ch. 17, 1911, 265.
W. Nernst u. F. A. Lindemann, Z. f. El. Ch. 17, 817, 1911.
A. Einstein, Ann. Phys. 22, 1907, 185.
M. Born u. v. Karmán, Ph. Z. XIII, 297, 1912.
F. Haber, Verh. d. D. Ph. Ges. 13, 1117, 1911.
J. Stark, Verh. d. D. Ph. Ges. 1912.
A. Einstein, Ann. Phys. 22, 186, 1907.
O. Lehmann, l. c. S. 286.
F. A. Lindemann, Ph. Z. XI, 609, 1910.
G. Born u. v. Karmán, Ph. Z. XIII, 304, 1912.
F. Haber, Ph. Z. XII, 1035, 1911.
W. Hallwachs, Verh. d. D. Naturf. u. Ärzte, 83, I, 228, 1911.
A. Einstein, Ann. Ph. 17, 1905.
K. v. Mosengeil, Ann. Ph. 22, 298, 1907.
M. Planck, Berl. Ber. 13/6, 1907, 546.

W. Wien, Enz. d. Math. Wiss. V 2, 314, 1909.
Sommerfeld & Debye, Karlsr. Verh. d. Naturforscher- und Ärzte-Tags. 1911. S. 95 (II) u. Ph. Z. XII, 1057, 1911.
P. Weiß, Journ. d. Ph. (5) I, 965, 1911 u. Ph. Z. XII, 935, 1911.
O. Lehmann, l. c. 294.
M. Planck, Ber. d. D. Ph. Ges. 13, 138, 1911.

B. Bücher usw.

A. Winkelmann, Handbuch der Physik.
M. Planck, Thermodynamik.
F. Hack, Wahrscheinlichkeitsrechnung.
G. Jäger, Theoretische Physik.
R. Pohl, Die Physik der Röntgenstrahlen. Braunschweig 1912, F. Vieweg.

C. Benutzte Symbole.

Q Wärmemenge
T Temperatur
E Energie
p Druck
$S_{(index)}$ Strahlung
λ Wellenlänge
c Lichtgeschwindigkeit
S Entropie
U Energie
N Anzahl
ν Frequenz
C Spezif. Wärme
J Mech. Wärmeäquivalent
R Gaskonstante
T_s Schmelztemperatur
V Volumen
x Elongation
$\dot{x}$ Geschwindigkeit
$\ddot{x}$ Beschleunigung
e Elementarquantum
$\mathfrak{E}$ Elektr. Feldstärke
ϱ Dichte

Über eine diluviale subarktische Steppenfauna aus den Sandhügeln von Mauer.

Von **F. Förster.**

Es werden etwa zwei Jahre verflossen sein, daß Reste eines Eisfuchses *(Canis lagopus)* in der großen Sandgrube von Mauer gefunden wurden. Da damals niemand mehr den Fundort angeben konnte, so geriet leider der Fund etwas in Vergessenheit, bis neuerliche Vorkommnisse das Vorhandensein einer subarktischen Steppenfauna dartaten. Unterdessen war aber die betreffende Sandschicht zum großen Teil durch die Sandfegen gewandert und mit ihr alle die kostbaren Tierreste einer längst vergangenen Zeit. Als ich meine Untersuchungen beginnen konnte, im Herbst 1912, fand ich das noch stehende Profil bereits mit etwas Vegetation bekleidet vor und konnte selbst zwischen den Tierresten noch lebende Pflanzenwurzeln antreffen. Kein Wunder, daß die äußersten Partien außer weißen zerbröckelten Resten von Knochen und Schädeln nur noch die Zähne der Nagetiere, von den Arbeitern als „Krallen" bezeichnet, enthielten. Erst durch tieferes Vordringen gelangte ich an Stellen, welche von Frost und Zersetzung noch weniger erreicht waren, und es gelang mir, einen Einblick in die Lagerungsverhältnisse zu gewinnen und eine Anzahl Tierreste zu retten, dabei über 60 mehr oder weniger gut erhaltene Schädel. Leider war das weitere Unterhöhlen des Lösses, der in einer Mächtigkeit von etwa 6½ m den Tierreste führenden Sand bedeckte, mit Lebensgefahr verbunden und daher nicht mehr möglich. Es mußte also gewartet werden, bis wieder ein Teil der Schicht vom Löß befreit war. Diese Arbeit erfolgte so unvermutet und gründlich, daß ich zu ihr zu spät kam. Doch hatte unterdessen der Vorarbeiter Laule in der Nagetierschicht die Geweihbasis eines jungen Renntieres mit den beiden untersten Sprossen gefunden und konnte mir die genaue Fundstelle noch zeigen. Ich überzeugte mich, daß die Schicht nun zu Ende war.

d. h. schon nach geringer Tiefe der sog. feste Sandstock, aus festen braunen und blutroten Schichten bestehend und dadurch wie gebändert erscheinend, zum Vorschein kam. Nachdem ich diesen Rest, so gut es das trübe Licht jenes Tages und die früh hereinbrechende Dunkelheit erlaubten, fast ganz noch untersucht hatte, machte ich bei meinem nächsten Besuch die Wahrnehmung, daß auch dieser Rest von anderer Hand bis auf den Sandstock ausgebohrt war, samt dem von mir wieder an Ort und Stelle verbrachten schon durchsuchten Sande.

Die Untersuchung der Sohle der Schicht förderte noch einige weniger wichtige Reste zutage.

Die Schicht selbst befand sich zwischen der neuen und der alten Grube, nahe der ersteren und zwar in der nördlichen Wand, 6½ m vom Löß überdeckt. Der Löß ist an dieser Stelle frei von größeren Lößmännchen, im Gegensatz zu andern Stellen der Lößdecke. Löß- und Nagetierschicht fallen mit der Basis nach dem neuen Eingang der Grube zu, nach Westen, so daß nach etwa 8 m die Dicke der Lößschicht schon 9—10 m ausmacht. Die Größe der Tierreste enthaltenden Sandschicht läßt sich nicht mehr genau bestimmen. Nach den Angaben des Vorarbeiters dürfte sie etwa 10—11 m breit und etwa 12½ m lang gewesen sein. Die Mächtigkeit der Schicht betrug vom Löß ab etwa 1 m, soweit ich es noch feststellen konnte, wobei bemerkt sei, daß die obersten Tierreste bis 30 cm vom Löß entfernt waren, und sich die Fundplätze von da an bis etwa 70 cm in die Tiefe erstreckten. Der Vorarbeiter Laule fand seinerzeit etwa 11 m vom heutigen Profil entfernt, der Nordwestwand ungefähr parallel, einen heute mit Löß gefüllten, etwa 5 m breiten Graben von starkem Gefäll (45°), der sich mitten durch den Sandstock zog und am Grunde kleine gerollte Steinchen enthielt. Dieser Graben bildete die Grenze der Nagetierschicht nach der Mitte der Sandgrube.

Den Arbeitern war die Schicht während des Abhebens stets auffällig durch große Lockerheit der Sandmassen gegenüber den andern Partien der Sandgrube. Es sah fast so aus, als sei der Sand schon einmal umgegraben worden. Ich kann dies bestätigen. Die Tierreste lagen zum Teil in lockern Sandnestern, aber auch in mitunter festen kleinen Tonbänkchen, und ich konnte einmal eine horizontale etwa 10 cm dicke Schicht von Tierleichen auf 2—3 m Profillänge und 50 cm Breite verfolgen, welche besonders viele Arvicolen-

reste enthielt. Die Tierreste sind also zweifellos eingeschwemmt und vom Wasser abgelagert. Trotzdem sind die Skelette nie vollständig. Meist fanden sich Extremitätenknochen, Stücke der Wirbelsäule usw. unter sich und mit Schädeln verkittet, und zwar von verschiedenen Arten. Nur wenige Arvicolenskelette traf ich fast vollständig an, aber konnte nur einen Teil retten, da immer etwas vom Skelett zu Pulver zerfallen war. Bei den Schädeln betrifft dies ganz besonders die Schädelkapsel der kleinen Arvicoliden, deren Decke ich nur in drei Fällen erhalten konnte. Dagegen lieferte schon *Arvicole amphibia, A. terrestris* eine Reihe fast vollständiger oder ganz unversehrter Schädel und andere Skeletteile. Alle Tierknochen verdanken ihre Erhaltung einer Zementierung mit Kalkkarbonat, teilweise ist der Sand in dicken Krusten mit den Tierresten verkittet. Behandelt man die Knochen mit HCl, so zerfallen sie zu Brei, während ich mit Essig gute Resultate erzielte. Besonders gelang es durch Bürsten mittelst eines in Essig getauchten weichen Pinsels, die Kaufläche der Zähne vollständig von den Sandinkrustationen zu befreien, welche Arbeit aber mit der größten Behutsamkeit ausgeführt werden mußte. Die Zahl der aufgefundenen Tierarten ist keine große, immerhin aber genügend zur Charakterisierung. Außer den im nachfolgenden zunächst beschriebenen Arten fanden sich also *Canis lagopus,* der kleine Eisfuchs oder eine Rasse desselben, *Cervus tarandus,* das Renntier; *Lepus sp.,* eine Hasenart, nicht unser heutiger Hase *L. timidus,* wohl aber eher eine der sibirischen Arten des *L. variabilis,* ferner zwei Arten *Spermophilus* oder Ziesel. Das Ziesel lebt noch in einer Art in Schlesien und kam früher auch bei Regensburg vor. Es ist mir nicht bekannt, daß bis jetzt mehr als eine diluviale Zieselart an einem Orte gefunden wurde, die meist als *Sp. rufescens* betrachtet wird. Außer unserm Maulwurf, *Talpa europaea,* findet sich noch das kleine Wiesel, *Mustela nivalis* (als Feind der zahlreichen Wühlmäuse und der Lemminge, Reste von nordischen Wildgänsen (Brantaarten) [1] und noch wenige Reste anderer Vögel und Säugetiere, deren genauere Bestimmung den zweiten Teil unserer kleinen Arbeit bilden soll.

Die vollständigen Schädel und die Art der Lagerung beweisen, daß es sich bei unseren Funden nicht um Gewöllreste von Eulen oder Reste der Mahlzeit von Raubtieren handelt, wie etwa beim Schwei-

[1] Nach der frdl. Bestimmung des Herrn Prof. Dr. E. Fraas in Stuttgart.

zersbild oder bei Zuslawitz oder Langenbronn, sondern um Verhältnisse, wie sie Nehring von Thiede bei Wolfenbüttel geschildert hat.

Die meisten Skelette waren gewiß schon in Teile zerfallen und wurden als solche angeschwemmt. Sicher war die Strömung nur eine schwache, da schwerere Knochen ganz fehlen. Lößmännchen fanden sich im Sande sehr wenige und kaum in Nußgröße, so daß ich selbe ein paar Mal als Arvicolenschädel mitnahm. (Die Schädel waren vor dem Reinigen durch anhängenden Sand und Lehm oft unkenntlich.) Gerollte Steine traf ich einzeln, bis von der Größe eines Hühnereies. Von Conchylien gelangten *Helix hispida* und die für diluviale eiszeitliche Schichten typische *Succinea elongata A. Br.* zur Beobachtung, welch letztere Art sich in Mauer aber von der großen Lettenbank ab häufig findet, zusammen mit den Resten von *Rhinoceros etruscus* und *Elephas antiquus*[1].

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Anschwemmung der Tierreste unserer Nagetierschicht mit der primären Ablagerung der Maurer Sande nichts zu tun hat, dagegen vor der Auflagerung der dortigen Lößdecke erfolgt ist, und es dürfte der Fauna ein erheblich höheres Alter zukommen, als der von Woldrich beschriebenen, aus der Felsspalte von Zuslawitz oder gar der Fauna der Nagetierschicht des Schweizersbildes.

I. Teil.

Arvicoliden.

Wie begreiflich, ist die Untersuchung der Arvicoliden unserer Schicht hauptsächlich auf das Studium der Dentition gegründet, wobei fast nur zusammengehörige Ober- und Unterkiefer zur Betrachtung gelangten, was den erzielten Resultaten im Gegensatz zu andern Arbeiten eine außerordentlich solide Basis verleiht. Es war aber auch dringend nötig, einige Studien an rezentem Material zu machen, wozu besonders *Microtus (Arvicola) arvalis* diente. Aus diesen ergaben sich einige sehr wichtige Wahrnehmungen: Wie schon Blasius gezeigt hatte, unterliegt der Bau der Dentinschlingen nicht unbedeutenden Abweichungen, die nicht immer durch das

[1] Menzel rechnet *S. elongata* zu einer Gruppe mit *Vertigo parcedentata A. Br.*, *Vallonia tenuilabris A. Br.*, *Patula ruderata Stud.* und *Pisidium glaciale Cless*, deren Zugehörigkeit zur mittleren Eiszeit für einige Arten ziemlich wahrscheinlich sei. (Menzel: Die Binnenmollusken als Leitfossilien der deutschen Quartärbildungen.)

Alter des betreffenden Tieres bedingt sind. Schon die Anlage der Basalschlinge von Molar 1 im Unterkiefer und der Endschlinge von Molar 3 im Oberkiefer zeigt sich veränderlich, und das kann sich selbst an zwei zusammengehörenden Oberkieferhälften erweisen [1]. Die Schlingenzeichnung des Unterkiefers ist schon von früher Jugend an fixiert, also weder durch unproportionale Verbreiterung der Zähne nach der Basis zu noch durch sonstiges Wachstum auffällig verändert, die Basis von *m1* ausgenommen. Andere Resultate ergeben sich bei den Maxillarzähnen. Hier erscheinen die Seitenschlingen in der Jugend schmal lanzettlich und oft scharf zugespitzt, im Alter werden sie gerundet, oft fast viertelskreisförmig im Umriß oder fast quadratisch, was dem Gesamtbild ein ganz anderes Aussehen verleiht. Es ist diese Verbreiterung der Zähne nach der Basis zu aber erklärlich und muß im Abrasionsbilde zum Ausdrucke kommen, wenn auch die Abnützung der Zähne bei den Rodentia durch ein starkes, bis ins hohe Alter andauerndes Wachstum nicht nur der Nagezähne aufgewogen wird, so daß man nie so sehr abgenützte Zahnreihen findet, wie bei andern Familien der Säugetiere.

Was die Literatur anlangt, so konnte ich über unsere rezenten Arvicoliden keine größere Arbeit finden, welche neuere Untersuchungen zur Grundlage gehabt hätte. So erwiesen sich besonders die von Prof. Dr. O. Schmiedeknecht 1906 herausgegebenen „Wirbeltiere Europas" als eine verkürzte Abschrift der alten Arbeiten von Blasius u. a. und daher nicht zeitgemäßer als es Blasius ist, weshalb immer auf letzteren als den eigentlichen Forscher zurückgegriffen wurde. Erfreulicheres zeigt der Ausblick auf die Literatur der Diluvialformen. Neben Männern wie Nehring, der bahnbrechend geworden war, habe ich besonders Woldrich berücksichtigt, dem aus den Felsspalten des Zuslawitzer Steinbruches ein Material geboten war, wie es an Großartigkeit bisher seinesgleichen nicht wieder gefunden hat.

Microtus amphibius L. seu terrestris L. Rasse ingens *(M. terrestris ingens).*

Der größte Teil von Schädeln mit erhaltener Schädelkapsel entfällt auf diese Art und ist sie die häufigste Arvicolide in der

[1] Siehe auch Büchner: *Mammalia Przewalskiana* Taf. XVIII Fig. 6.

Schicht. Es liegen allein 25 Schädel vor mit vollständig erhaltenen Zahnreihen der beiden Kiefer, ebenso zahlreiche andere Skelettreste. Der Vergleich erwachsener Stücke zeigt, daß der diluviale *M. amphibius* von Mauer größer ist als der rezente, was für viele andere diluviale Tierformen gilt. Die Entfernung der beiden fernsten Punkte der Jochbeine beträgt 2,5 cm, vom Vorderende der Nasalia bis zur Hinterhauptskante sind es 3,4 cm. Was nun das Zahnbild anlangt, so stimmt dieses sehr gut zu Abbildung pg. 344 *(M. amphibius)* in Blasius Fauna der Wirbeltiere Deutschlands, aber im Unterkiefer ist die Basalschleife von *m1* mehr in die Breite gezogen. Das stimmt besser mit einer Anzahl Schädel überein, die in der Stuttgarter Königlichen Naturaliensammlung als *M. terrestris* liegen. Aber schon bei jungen Tieren des Amphibius von Mauer tritt eine auffallende Verlängerung des vor dem Jochbogen liegenden Teiles des Schädels in die Erscheinung. Bei einer Terrestris von Bretten besitzt die Kaufläche der Oberkiefermolaren eine Länge von 7½ mm. Der Abstand der Alveola von *m1* und der entsprechenden Nagezahnalveole beträgt 9 mm. Bei einem jungen Amphibius (No. 10) von Mauer sind diese Maße = 8 mm bezw. 12½ mm. Länge der Nasalia Bretten 7 mm, Mauer 9 mm. Bei alten Stücken von Mauer ist die Kaufläche 9½ mm lang, der genannte Alveolenabstand aber 15 mm, die Länge der Nasalia beträgt 12 mm.

Was nun die Basalschlinge von *m1* des Unterkiefers anlangt, so ist diese schon bei rezenten Terrestrisformen stärker in die Quere verbreitert als bei gewissen rezenten Amphibius-Rassen. Nach der Abbildung von *Amphibius s. str.* in „Blasius" ist der Abstand der Spitze der Schlinge von der Einschnürung am Innenende der Schlinge größer als die Entfernung der beiden Seitenecken (also der Längsdurchmesser der Schlinge ist größer als der quere Durchmesser), wenn auch kaum merklich, bei der Amphibius von Mauer ist es gerade umgekehrt. Dabei stumpft sich die Spitze der Schlinge stark ab, so daß die vordere Hälfte der Schlinge mehr minder halbkreisförmig erscheint, ja die ganze Schlinge kreisförmig. Im Alter sind die beiden Seitenecken wieder besser ausgeprägt. Aber es kommen auch Stücke vor, die im Alter noch völlig gerundete Seiten der Basalschleife zeigen. (Fig. 2.) Hieraus läßt sich folgern, daß wir es mit einem extremen Terrestris-Typus zu tun haben. Es ist auch wahrscheinlicher, daß die Maurer Wasser-

ratte die Trockenform der Amphibius repräsentiert, und nicht *Amphibius s. str.* In der Form der Seitenschlingen finden wir das eingangs Gesagte bestätigt. Junge Stücke haben mehr lanzettliche und schärfer gespitzte Schlingen als alte. Aberrationen kommen vor. (Siehe Fig. 1b, erste äußere Seitenschlinge.) Länge der Backzahnreihe des Unterkiefers längs der Kaufläche gemessen 9—9½ mm bei erwachsenen, von 8 mm ab bei den vorliegenden jüngeren Stücken.

Oberkiefer: Hier können wir an dem Material diejenigen Modifikationen beobachten, die das Alter der Tiere an dem Gebiß hervorruft. Beim Jungtier die Schleifen spitz, bei älteren gerundet. Dabei bietet die Endschleife des letzten Backzahnes ein charakteristisches Bild. Sie ist beim jüngeren Tier hackenförmig, beim älteren wurstförmig konturiert und stimmt mit dem Bau der Schleife bei Amphibius und Terrestris überein. Beim Jungtier ist die Abschnürung der Endschlinge von *m3* keine so vollkommene, d. h. die Berührung der Schmelzbänder findet noch nicht statt. Länge der Backzahnreihe längs der Kaufläche gemessen 8²/₃ bis 9 mm bei alten Stücken, bei jüngeren des Materials von 7,1 mm ab. Es erhebt sich nun die Frage, in welcher rezenten Amphibius-Form unsere Maurer Stücke zu vergleichen sind. Da bei der Wasserform der Wühlratte die Basalschleife von *m1* im Unterkiefer lanzettlich spitz erscheint, bei der Landform-Terrestris des Stuttgarter Museums aber mehr kreisförmig, so wird es am besten sein, die Maurer Wühlratte zu Terrestris zu stellen. Wenn wir berücksichtigen, daß die Tiere unserer Fauna Steppentiere sind, so wird uns diese Stellung auch in dieser Hinsicht befriedigen. Es ist nun zweifellos, daß wir den heute lebenden Vertreter der Maurer Wühlratte nicht bei uns, sondern im Nordosten und Norden zu suchen haben. (Leider ist es vor Frühjahr 1913 unmöglich, etwa sibirische Wühlratten sammeln zu lassen.) Von östlichen Formen kann ich nur ein Stück aus der Sarpasteppe vergleichen. Es ist im April erlegt, also ziemlich ausgewachsen. Die Farbe des Balges ist ein sehr dunkles Rostbraun, Kopfseiten und Ohrgegend reiner rostrot, Beine fast schwarz, Unterseite mehr ins graue. Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe längs der Kaufläche 8½ mm. *m1* = 4 mm, *m2* = 2½ mm, *m3* = 2 mm. Basalschleife von *m1* fast kreisförmig, die Innenseite halbkreisförmig, die äußere einen stumpfen Winkel bildend. (Fig. 4a.) Diese Steppen-

form steht also unserer Maurer Wühlratte äußerst nahe und sind beide von der Wasserform *Amphibius s. str.* mit ihrer breit lanzettlichen Basalschlinge von *m1* leicht zu trennen. Die Kaufläche der Oberkieferbackzahnreihe ist 8 mm lang. Hiervon entfallen auf *m1* 2 mm, auf *m2* 2½, auf *m3* 3½ mm. Endschlinge von *m3* im Umriß mehr nierenförmig als wurstförmig, da die Endhälfte fast doppelt so breit ist als die vordere Hälfte. (Fig. 4b.) Der Abstand der Alveole von *m3* und der entsprechenden Nagezahnalveole beträgt 12½ mm (gegen 15 mm bei den größten Maurer Stücken), die Länge der Nasalia 10 mm (gegen 12 mm). Die erhöhten hinteren Augenhöhlenleisten der Sarpawühlratte fließen mit der *Sutura sagittalis* zusammen [1]. Es liegt somit eine alte Wühlratte vor, vom Terrestris-Typus, die das oben Geagte bestätigt.

Microtus Mosbachensis Schmidtgen [2].

Da die Mosbacher Sande so viel Übereinstimmung mit denjenigen von Mauer hinsichtlich der Fauna zeigen, so liegt es nahe, unter den Maurer Arvicoliden auch nach dem *Microtus Mosbachensis* zu suchen. *Microtus Hypudaeus amphibius* wird von Mosbach erwähnt schon von Prof. Sandberger 1875, dann von Koch, Andreae und Kinkelin (nach Schröder). Henry Schröder hält das Mosbacher Arvicolamaterial für zu ungenügend, um die Spezies genau bestimmen zu können. Durch O. Schmidtgen ist nun dieses Material etwas vermehrt worden und hat Schmidtgen die für Amphibius gehaltene Form als neue Art *M. Mosbachensis* beschrieben und genaue Zahnbilder davon gegeben. Seine zwei Vergleiche mit rezentem Amphibius sind allerdings ohne Belang in Anbetracht der ungeheueren Verbreitung des Amphibius-Typus mit seinen noch nicht ganz studierten, aber in Anzahl vorhandenen Subspezies. An den Zahnschleifenbildern des Unterkiefers läßt sich erkennen, daß zweifellos eine Rasse des Terrestris-Typus vorliegt. (Basalschlinge von *m1* gerundet.) Inwieweit das Nichtangrenzen der Dentinschlingen als Alterserscheinung zu betrachten ist, sei dahingestellt.

[1] Bei der Maurer Wühlratte ist die hierdurch entstandene Einschnürung viel stärker und der dadurch emporgetriebene Längskiel viel höher, besonders an anscheinend männlichen Schädeln.

[2] Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Großh. Geologischen Landesanstalt zu Darmstadt für das Jahr 1911. IV. Folge Heft 32.

Es scheint mir aber, daß das Mosbacher Material aus Zähnen sehr junger *M. amphibius* besteht. Oft findet man z. B. von Wildpferden nur Zähne junger Tiere und es dauert jahrelang, bis man einen Backzahn eines erwachsenen Tieres antrifft. So wäre es auch möglich, daß der Mosbacher Flut nur die unbehilflicheren Jungtiere von *M. amphibius terrestris* zum Opfer gefallen sind. Das würde auch den starken Zerfall der Schädel erklären. Überhaupt scheint das Material abgeschliffen zu sein, wenigstens dürften wohlerhaltene Backzähne von Arvicoliden niemals ein Bild darbieten wie l. c. Fig. 3c (pg. 190). Studien an rezentem Material werden die Frage entscheiden, da leider kein Schädel mit erhaltenen Frontalia vorliegt. So wäre es immerhin möglich, in dem *Microtus Mosbachensis* die gleiche Form erkennen zu können wie die von Mauer, aber in einem so jungen Zustande, wie er von Mauer nicht mehr vorliegt. Die Maurer Hochflut müßte dann später im Jahre erfolgt sein als diejenige, bei der die Mosbacher Tiere ihren Tod gefunden haben. Möglicherweise sind aber die Mosbacher Reste viel älter als die Maurer und mit dem Sande selbst abgelagert. Wir hätten dann eine Vorläuferin der Maurer Wühlratte. Zum Vergleich der Größe von Mosbachensis-Zähnen mit den entsprechenden von Mauer und rezenten Stücken sei nachfolgende Tabelle gegeben (Werte für *M. Mosbachensis* nach O Schmidtgen l. c. pg. 186).

Länge der Backzähne in mm längs der Kaufläche gemessen.

	M. terrestris ingens ad.	*M. terrestris ingens juv.*	*Microtus Mosbachensis*	*Terrestris* von Bretten *juv.*
Oberkiefer *m1*	3.5	3.5	3—3.4	3
» *m2*	2.5	2.5	1,4—1,7	2.3
» *m3*	3	2	1.5	1,8
Unterkiefer *m1*	4.5	3.5	2,3—2,6	3.5
» *m2*	2.5	2.5	1,9—2	2,2
» *m3*	2,5	2	1.9—2.1	2
Ganze Backzahnreihe	9.5	8	6,1—6,7	7.7

Aus unserer Tabelle geht hervor, daß sich *M. Mosbachensis* in der Länge der Backzähne am meisten der *M. terrestris* von Bretten nähert, aber noch kleiner ist. Der Brettener Schädel stammt aber

von einem Tier, das im September getötet wurde, also von keinem sehr jungen, sondern von einem schon selbständigen ältern Jungtier. Junge vom Juli oder Anfang August dürften dieselben Zahlenwerte ergeben wie *M. Mosbachensis*. Ich möchte mich also Schröders Ansicht von der Mangelhaftigkeit des Mosbachensis-Materiales anschließen, aber nur bezüglich der Rassenzugehörigkeit. Den Microtus terrestris-Typus halte ich für erwiesen, wenn mir auch unter dem ganzen diluvialen und etwas dürftigen rezenten Amphibius-Material nie ein Zahnbild unter die Augen kam, mit so stark voneinander abstehenden Dentinschlingen, wie von Mosbachensis angegeben, auch nicht unter den übrigen Arvicoliden.

Microtus gregalis Desm.

(Arvicola gregalis).

Nach Woldrich unterscheidet sich *Arvicola gregalis*, eine nordisch-sibirische Wühlmaus, dadurch von den verwandten Arten, daß im Unterkiefer der vordere Zahnteil des 1. Backzahnes vor der 4. innern Schmelzschlinge sich abschnürt. Bei Ratticeps ist er dort so breit wie ganz an der Basis. Auch von Mauer liegt Gregalis in einer Anzahl von Schädeln mit zugehörigem Unterkiefer vor. Die Art ist nach der Basalschleife von *m1* des Unterkiefers leicht zu erkennen. Woldrich unterscheidet zwei Formen, nach dem Unterkiefer. Fehlt dort die erste äußere Kante von *m1*, so nennt er die Form ratticepoid. Ist aber die basale Schmelzschlinge von *m1* im Unterkiefer beiderseits vor den ersten Kanten etwas eingeschnürt, innen mehr, außen weniger, so nennt er diese Varietät arvaloide Form der Gregalis. Fig. 6a und b und Fig. 7a und b geben den charakteristischen Bau der Zahnschleifen der Maurer Gregalis wieder. 7a und b stammen von einem jungen Exemplar. Die Länge der Kaufläche der Backzahnreihe des Unterkiefers beträgt 5,75 mm. Davon entfallen auf *m1* 2,5, auf *m2* 1,75 und auf *m3* 1,5 mm. Im Oberkiefer beträgt die Länge der genannten Zahnreihe 6 mm. *m1* = 2 mm, *m2* = 1,75 mm, *m3* = 2,25 mm. Die Seitenschlingen sind noch spitz und schmal. Fig. 6a und b stellt dagegen das Gebiß eines sehr alten Stückes dar. Die Gesamtlänge der Kaufläche der Backzähne des Unterkiefers beträgt hier 7 mm, wovon auf *m1* 3, auf *m2* 2 und auf *m3* 2 mm kommen. Beim Oberkiefer beträgt die entsprechende Länge der Zahnreihe 7 mm,

bei 1 mm Höhe der Zahnsäulen. *m1* ist 2,5, *m2* 2, *m3* 2,5 mm lang. Vergleicht man beide Gebisse (No. 1 und No. 4 der Sammlung), so ergibt sich die starke Verbreiterung der Dentinprismen nach unten, verbunden mit starker querer Abstumpfung der Seitenschleifen bezw. Kanten auf der Innenseite der Backzähne des Oberkiefers, während das Zahnbild beim Unterkiefer sehr wenig durch Alter verändert erscheint. Die Oberkiefer der Jungtiere und alter Stücke sehen daher so verschieden aus, daß man auf den ersten Blick versucht wäre, zwei verschiedene Microtusarten daraus zu konstruieren.

Von keinem Stück dieser sibirischen (transbaikalischen) Wühlmaus ist die Schädelkapsel erhalten geblieben.

Microtus Eversmanni (Poljak.).

Das Vorkommen dieses Nagers in den Maurer Sanden ist von großem Interesse. Sie gehört nach Büchner mit *M. sikkimensis Hodgs. melanotus Milne Edw.* und *M. Güntheri Danf. et Alst.* zu einer Gruppe, deren Charakteristikum der aus nur 4 Schmelzschlingen gebildete 2. Backzahn des Oberkiefers ist. Büchner stellte das für alle untersuchten Exemplare des *M. Eversmanni* fest, bemerkt aber, daß Winge bei 5 % untersuchter dänischer Exemplare des *M. agrestis* auch 4 statt 5 Schmelzschlingen gefunden habe und ebenso von Lataste am Pic du Midi ein *M. agrestis* mit 4 Schlingen entdeckt worden sei. (Der *M. campestris Blasius.*) Trotzdem hält Büchner *Microtus Eversmanni* für eine von dem sonst ähnlichen *M. agretis* bezw. *campestris* gut verschiedene Art. Ich muß dem beistimmen, denn die Maurer Exemplare unterscheiden sich schon durch die geringe Ausbildung der drei vordersten Schmelzschlingen des ersten untersten Backzahnes von *M. agrestis* und stimmen damit mit Büchners Type gut überein. Die Art unterscheidet sich meist schon durch rein weiße Farbe der Zähne von den andern Microtusspezies der Schicht. — *M. Eversmanni* ist die Form der subarkt. Steppe, die sich in Sibirien rein erhalten hat, bei uns aber vielleicht in die Form der Wälderzeit, *M. agrestis*, umgebildet wurde, mit seltenen Rückschlägen (*campestris Blas.*).

Heutige Verbreitung: Sibirien, Tjan-schan, Dshungarei.

Von dem Maurer *M. Eversmanni* haben wir 2 Gebisse abgebildet, Fig. 8a und b und Fig. 9a und b. Während die Oberkiefer

in bezug auf die Endschleife von *m3* dem *M. gregalis* recht ähnlich sind, gibt es doch ein Merkmal, sie leicht zu unterscheiden. Bei Gregalis sind nämlich die zwei letzten innern Seitenschlingen deutlich schräg nach hinten gerichtet, bei Eversmanni eher schräg nach vorn. Ganz verschiedene Bilder zeigt die Basalschleife von *m1* des Unterkiefers beider Arten. Sie ist bei Eversmanni mehr kreisförmig, bei Gregalis von wurstförmigem Umriß. In der Zahl (4) der Schlingen von *m2* des Oberkiefers stimmt Gregalis mit unserer Art überein.

Während *M. gregalis* die häufigste kleinere Art in unserer Schicht ist, tritt *M. Eversmanni* etwas seltener auf. Doch gelang es, von Eversmanni einen Schädel mit vollständiger Schädelkapsel zu bergen (No. 9). Länge dieses Schädels von den Nagezahnalveolen bis zum Hinterrande des Hinterhauptloches 28 mm, Entfernung der hintern Ansatzstellen der Jochbögen 12 mm. Länge des Unterkiefers von den Nagezahnalveolen bis zum Ende des untersten hintern Fortsatzes = 17 mm. Nach der medianen *Crista* zwischen den Augenhöhlen zu schließen, gehört der Schädel einem erwachsenen Tier an, obwohl die Länge der Backzahnreihe im Oberkiefer, längs der Kaufläche gemessen, nur 5½ mm beträgt. Die abgebildeten Gebisse zeigen folgende Maße: No. 8. (alles längs der Kaufläche gemessen[1]), Unterkiefer: Länge der ganzen Backzahnreihe 6 mm; *m1 = 2,5, m2 = 1,5, m3 = 2.* Oberkiefer: *m1 = 2,3, m2 = 1,6, m3 = 2 mm.* No. 7. Unterkiefer, ganze Backzahnreihe = 6,5 mm. *m1 = 3, m2 = 1,5, m3 = 2.* Oberkiefer, Gesamtlänge der Backzähne = 6,5. *m1 = 2,5, m2 = 1,75, m3 = 2,25.* Im allgemeinen stimmen diese Zahlen mit denjenigen überein, die Büchner von rezenten Stücken des Eversmanni aus den asiatischen Hochsteppen gibt.

Microtus sp.

Schädel No. 2. Fig. 10a und b.

Wir geben in Fig. 10 die Backzahnreihe des Ober- und Unterkiefers einer Microtus wieder, die bezüglich des Unterkiefers mit *M. Eversmanni* ganz gut stimmt. Der Oberkiefer ist aber mehr ratticepsartig, so daß ich das Stück zuerst auf M. ratticeps bezog.

[1] Es wäre natürlich richtiger, längs den Alveolen zu messen, was aber nur bei zahnlosen Kiefern ohne zu große Ungenauigkeiten möglich ist.

Es steht aber an Größe dieser Art sehr nach und hat ungefähr die Maße von *M. Eversmanni*, so daß ich glaube, daß der Schädel einem atypischen *M. Eversmanni* angehört. Länge der Backzahnreihe in Unter- und Oberkiefer 6 mm.

Myodes torquatus Pall. mauerensis n. subsp.

Mit Recht bezeichnet Nehring den Halsbandlemming als das interessanteste aller diluvialen Nagetiere. Er ist leicht von den andern Arten der Gattung Myodes zu unterscheiden, da bei ihm, wie schon Nehring feststellte, die Nagezahnalveole noch ganz neben dem letzten Backzahn hinläuft. Bei *M. obensis, lemnus* und *schisticolor* endet sie dagegen schon neben der vorderen Hälfte von *m3*. Von den Arten der Gattung Microtus (Arvicola) sind alle Lemminge leicht zu trennen, da nach Nehring bei ersteren die Nagezahnalveole hinter *m3* reicht und von da an mit in den *Processus condyloideus* hinauf. Dadurch wird *m3* etwas nach innen aus der Zahnreihe hinausgedrückt, im Gegensatz zu Myodes, bei welcher Gattung m 3 aus der Ebene der Innenwand des Kiefers nicht heraustritt. Am Oberschädel erwachsener Myodes beobachtet man anstelle der kielförmigen *Sutura sagittalis* im Gegenteil eine Längsfurche. Das Gebiß des Maurer Lemmings zeichnet sich vor den Microtus-(Arvicola-)Arten durch besonders schmale seitliche Dentinprismen des Unterkiefers aller und des Oberkiefers alter Stücke. Es konnten in unserer Schicht Schädelreste von 5 Individuen gesammelt werden. No. 30 (Fig. 11a), jetzt in der Königlichen Naturaliensammlung zu Stuttgart, (wo auch Cotypen der meisten übrigen Arten niedergelegt sind) besitzt einen sehr schön erhaltenen rechten Unterkiefer. Von No. 31 (Fig. 12b) ist der Oberschädel fast vollständig erhalten, nebst den Halswirbeln. Von No. 32 (Fig. 14) konnte der Oberschädel mit beiden Unterkiefern gerettet werden. Schädelkapsel leider zerdrückt. No. 33 ist ein vollständiger Schädel mit anhängenden Unterkiefern, von welch letzteren einer des Studiums halber lospräpariert wurde (Fig. 13a und b). Endlich liegt noch ein einzelner Unterkiefer vor. Drei Schädel gehören erwachsenen Tieren an, No. 33 einem Jungtier. Vergleicht man die Basalschlinge von *m1* im Unterkiefer mit Nehrings und Woldrichs Torquatusbildern, so ergibt sich im Gegensatz zu den mehr symmetrischen Schlingen des Materials der genannten Forschern eine stark asymmetrische Bildung von Giesbecken — ähnlicher Zeichnung. Da

sich letztere schon bei jungen Stücken mit noch kaum vertiefter *Sutura sagittalis* findet, so kann sie nicht auf Altersunterschied beruhen, weshalb ich mich genötigt sah, eine Subspezies des *M. torquatus* darauf zu gründen. Zum Vergleich seien die Torquatusbilder von Nehring und Woldrich beigefügt. Von hohem Interesse ist der Jungtierschädel No. 33. Vergleicht man seinen Oberkiefer mit dem eines erwachsenen Stückes (Fig. 13b mit 12b), so ergeben sich die bedeutenden, durch die Altersdifferenz hervorgerufenen Unterschiede. Die beiden Tiere stimmen aber in der Länge der Nagezahnalveole des Unterkiefers genau überein, ebenso im Zahnbild des Unterkiefers, und ich halte es für ausgeschlossen, daß an einem Orte gleichzeitig 2 Spezies des so scharf fixierten Torquatus-Typus gelebt haben, d. h. daß der junge Schädel einer andern Spezies angehört, als die 3 alten Schädel.

Maße des *Myodes mauerensis:* (Alle Zähne längs der Kaufläche gemessen, alles in mm.) No. 30. Länge der Backzahnreihe des Unterkiefers 7 mm. No. 31. Länge der Backzahnreihe des Oberkiefers 6½ mm, größte Breite 1½ mm; Länge von *m1* = 2, *m2* = 2, *m3* = 2½ mm. Größter Abstand der Jochbögen 22 mm. Querer Abstand der Spitzen der vorderen Jochbogenansatzstellen 8 mm. Abstand der Augenhöhlenleisten zu beiden Seiten der *Sutura sagittalis,* in der Mitte gemessen, 2½ mm. Länge der Frontalia 12 mm, der Nasalia 8 mm. Breite der Nasalia, in der Mitte gemessen, 3 mm. Abstand der beiden Außenkanten der Backzahnreihen, in der Mitte gemessen, 5½ mm. Vom Hinterrand der Alveole von *m3* bis zur Nagezahnalveole sind es 16 mm, von letzterer bis zur Alveole von *m1* also 9½ mm. Länge der Nagezähne bis zur Alveole 10 mm, Breite eines Nagezahnes an der Spitze etwa ⁵/₆ mm. Die Nagezähne stehen fast senkrecht ab, sind kurz und wenig gekrümmt, meist weniger gelb als bei Arvicola oder rein weiß, mit schwärzlichen Enden. Schädel No. 32. Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe, längs den Alveolen gemessen, 7 mm, längs der Kaufläche ebensoviel. Hiervon entfallen auf *m1* 3½, auf *m2* 2½ und auf *m3* 1½ mm. Vom Hinterrande der Nagezahnalveole bis zum Ende der Backzahnreihe 12½ mm, bis zur Alveole von *m1* = *6 mm,* vielleicht nicht mehr genau, da der Alveolenrand des Nagezahns nicht mehr ganz vorhanden zu sein scheint. Abstand des innersten Punktes der Bucht zwischen *Processus condyloideus* und Hinterrand des Kiefers und dem Vorderrande der Al-

veole von *m1* = *10,5 mm.* Höhe des Unterkiefers bei *m1* gemessen = *6 mm.* Das Hinterende der Nagezahnalveole geht noch um einen ganzen mm über das Hinterende des letzten Bachzahnes hinaus. Oberkiefer: Querer Abstand der Spitzen der vorderen Ansatzstellen der Jochbögen 7 mm. Abstand der oberen Augenrandleisten 3 mm. Länge der Backzahnreihen längs der Kaufläche 7½ mm. Hiervon entfallen auf *m1* 3, auf *m2* 2 und auf *m3* 2½ mm. Von dem innern Rande der Nagezahnalveole bis zur Alveole von *m1* sind es 11 mm. Der Vergleich der Längen der Backzähne von No. 32 mit No. 31 ergibt die Variabilität dieser Werte. No. 33. Vollständiger Schädel eines Jungtieres. Abstand der Mitte des Unterrandes des Hinterhauptsloches von dem Innenrand der Nagezahnalveolen 23½ mm. Größter Abstand der beiden Jochbögen 17,5 mm. Oberkiefer: Länge der Backzahnreihen 6 mm. *m1* = *2,* *m2* = *2,* *m3* = *2 mm.* Vom Innenrande der Nagezahnalveole bis zur Alveole von *m1* = *8½ mm.* Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe 6½ mm. Hiervon entfallen auf *m1* 3,25, auf *m2* 1,75 und auf *m3* 1,5 mm. Abstand des Innenrandes der Nagezahnalveole von *m1* = *5,5 mm.* Abstand des Endes des Kiefers von dem Innenrande der Nagezahnalveole 17,5 mm. Länge der Nagezähne von der Alveole ab gemessen im Oberkiefer 5 m, am Ende etwa $1^1/_7$ mm breit. Im Unterkiefer 3,5 mm. Die erhöhten oberen Augenränder grenzen dicht an und lassen also noch keine mediane Längsfurche frei. Über die jetzige Verbreitung des Halsbandlemmings sagt Nehring nach Brauer: „Der Halsbandlemming lebt ausschließlich in felsigen und Tundrengebieten des nördlichen Polarkreises. Er fand sich noch unter 82½ Grad nördlich von Spitzbergen, ferner auf Nowaja-Semljia, auf Waigatsch-Insel, am Kap Tscheljuskin, an den nördlichen Küstenstrichen von Alaska, auf der Melville-Insel 77 Grad n., auf Grinnell und Grant Land, auf West-Grönland, nördlich vom Humboldtgletscher in Ost-Grönland bis nördlich von König Wilhelmsland. Südlich geht die Art nicht bis zur nördlichen Baumgrenze. In Europa bewohnt er nur den äußersten Nordosten Rußlands östlich vom weißen Meer nebst Nowaja-Semljia.“ Im Diluvium ist der Halsbandlemming an zahlreichen Orten aufgefunden worden, so in Höhlen Südfrankreichs, der Schweiz, Württembergs, Bayerns, in Böhmen, Mähren, ebenso in Mitteldeutschland und an anderen Orten. Am Schweizersbild fand ihn Nüesch nur in der untersten Schicht, die

dem Diluvium direkt aufgelagert war, in der sogenannten gelben Nagetierschicht. In der darauffolgenden gelben Kulturschicht dieser Magdaleniumhöhle fehlt er, dagegen tritt dort eine Zieselart *(Spermophilus)* auf. Woldrich fand *M. torquatus* in der berühmten Felsspalte von Zuslawitz bei Winterberg im Böhmerwald.

Schlußbetrachtung.

Der wissenschaftliche Hauptgewinn unseres Fundes beruht darauf, daß von den Tierarten unserer Schicht einwandfrei behauptet werden kann, daß sie zusammen gelebt haben, wahrscheinlich sogar eine engere Lebensgemeinschaft in biologischem Sinne bildeten, da es ausgeschlossen ist, daß so zarte Skelettreste im Wasser einen weiten Weg zurücklegen konnten, ohne schwer beschädigt zu werden. Ein zweiter, höchst wichtiger Punkt ist das Auffinden einer so großen Zahl von zusammengehörigen Zahnreihen des Ober- und Unterkiefers in verschiedenen Altersstadien.

Lassen wir unsern Blick zurückschweifen in jene ferne Zeit, in der die beschriebenen Tiere ihren Tod gefunden, so sehen wir das Renntier die baumlose arktische Tundra oder Moossteppe durchschreiten. Wo zur Sommerszeit das Schmelzwasser der höher gelegenen Schneefelder sich in Tümpeln sammelte, finden wir die Vertreterin der zierlichen nordischen Branta- oder Ringelgans auf der Nahrungssuche begriffen, während der kleine Eisfuchs oder Blaufuchs versucht, eines der Jungen zu erhaschen. Im niederen Gestrüpp der nordischen Weiden und Birken, der Heidelbeeren, Preiselbeeren, Moosbeeren und Rauschbeeren lagert der Schneehase oder ein östlicher Vetter desselben, an höher gelegenen trockenen Plätzen der Steppe aber finden wir die Scharen der Steppennager, die Microtusarten und den Halsbandlemming nebst ihrem Feinde, dem kleinen Wiesel. In größeren Trockentälern haben 2 Arten der kleinen Erdmurmeltierchen oder Ziesel ihre Wohnungen errichtet. Aber auch unter der Erde regt sich das Leben, Würmer und Larven beweiden unablässig das Wurzelwerk der subarktischen Kräuter und Gräser, schon dort verfolgt von ihrem gefräßigen Feinde, dem Maulwurf. Auch kleinere Vögel beleben die Einsamkeit der Landschaft.

Wie das Vorkommen unseres Maulwurfes und das Zusammenleben des Lemmings mit den Zieseln beweist, dürfte das Klima

trockener und auch wärmer gewesen sein, als in der heutigen arktischen Tundra, es dürfte ein subarktisches und mehr kontinentales Klima gewesen sein und daher die Tierwelt auch eine mannigfaltigere, als wir sie an den heutigen Wohnplätzen des hochnordischen Halsbandlemmings antreffen.

Zum Schlusse sei erwähnt, daß hier der erste geschlossene Fund einer subarktischen Tierwelt in unserm engeren Heimatlande Baden zur Entdeckung gelangte.

Erklärung der Abbildungen.

(Wo nicht anders bemerkt, sind diese in 8facher Vergrößerung gezeichnet, wobei Fehler von Millimeterbruchteilen, kleiner als 0,3 möglich sind. Bei den Backzahnreihen ist meist nur die Gesamtlänge genau proportional, die Bilder der einzelnen Zähne sind meist ganz aus freier Hand gezeichnet, da es sich im wesentlichen nur darum handelte, den Gesamtcharakter wiederzugeben. a und b mit gleicher Nummer bezeichnet zusammengehörige Ober- und Unterkiefer, bezw. die entsprechenden Molaren.)

Microtus (Arvicola) terrestris ingens: Fig. 1a *m1* r. Unterkiefer. Fig. 1b *m3* r. Oberkiefer eines Jungtieres, Schädel No. 24.

Fig. 2a *m1* l. Unterkiefer eines erwachsenen Stückes, Schädel No. 23.

Fig. 3a *m1* r. Unterkiefer, Fig. 3b *m3* r. Oberkiefer eines erwachsenen Stückes, Schädel No. 22.

Microtus terrestris aus der Sarpasteppe: Rezent, erwachsen. Fig. 4a *m1* r. Unterkiefer, Fig. 4b *m3* r. Oberkiefer.

Microtus amphibius: Rezent, nach Blasius, Fig. 5a *m1*, r. Unterkiefer. Fig. 5b *m3* r. Oberkiefer eines erwachsenen Stückes.

Microtus gregalis von Mauer: Fig. 6a Backzahnreihe des r. Unterkiefers, Fig. 6b des r. Oberkiefers eines erwachsenen Stückes. Fig. 7a r. Unterkiefer, Fig. 7b r. Oberkiefer eines jungen Exemplares.

Microtus Eversmanni von Mauer: Fig. 8a Backzahnreihe des r. Unterkiefers. Fig. 8b des l. Oberkiefers, Schädel No. 3. Fig. 9a r. Unterkiefer, Fig. 9b r. Oberkiefer, Schädel No. 7.

Microtus sp. (Eversmanni juv.?): Fig. 10a l. Unterkiefer, Fig. 10b l. Oberkiefer, Schädel No. 2.

Myodes torquatus mauerensis von Mauer: Fig. 11 a. R. Unterkiefer eines alten Stückes (No. 30).

Fig. 12 b. R. Oberkiefer eines alten Stückes, Schädel No. 31.

Fig. 13 a. R. Unterkiefer eines Jungtieres, Fig. 13 b die zugehörige Backzahnreihe des l. Oberkiefers, Schädel No. 33.

Myodes torquatus: Fig. 15 a *m1* r. Unterkiefer von Zuslawitz. Fig. 16 a *m1* des l. Unterkiefers von ebenda, beide nach Woldrich.

Fig. 17 a. L. Unterkiefer des Torquatus vom Schweizersbild, nach Nehring.

Fig. 18 a und 18 b Unterkiefer bezw. Oberkiefer des Torquatus nach Nehring (Fossile Lemminge von Thiede).

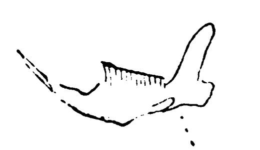
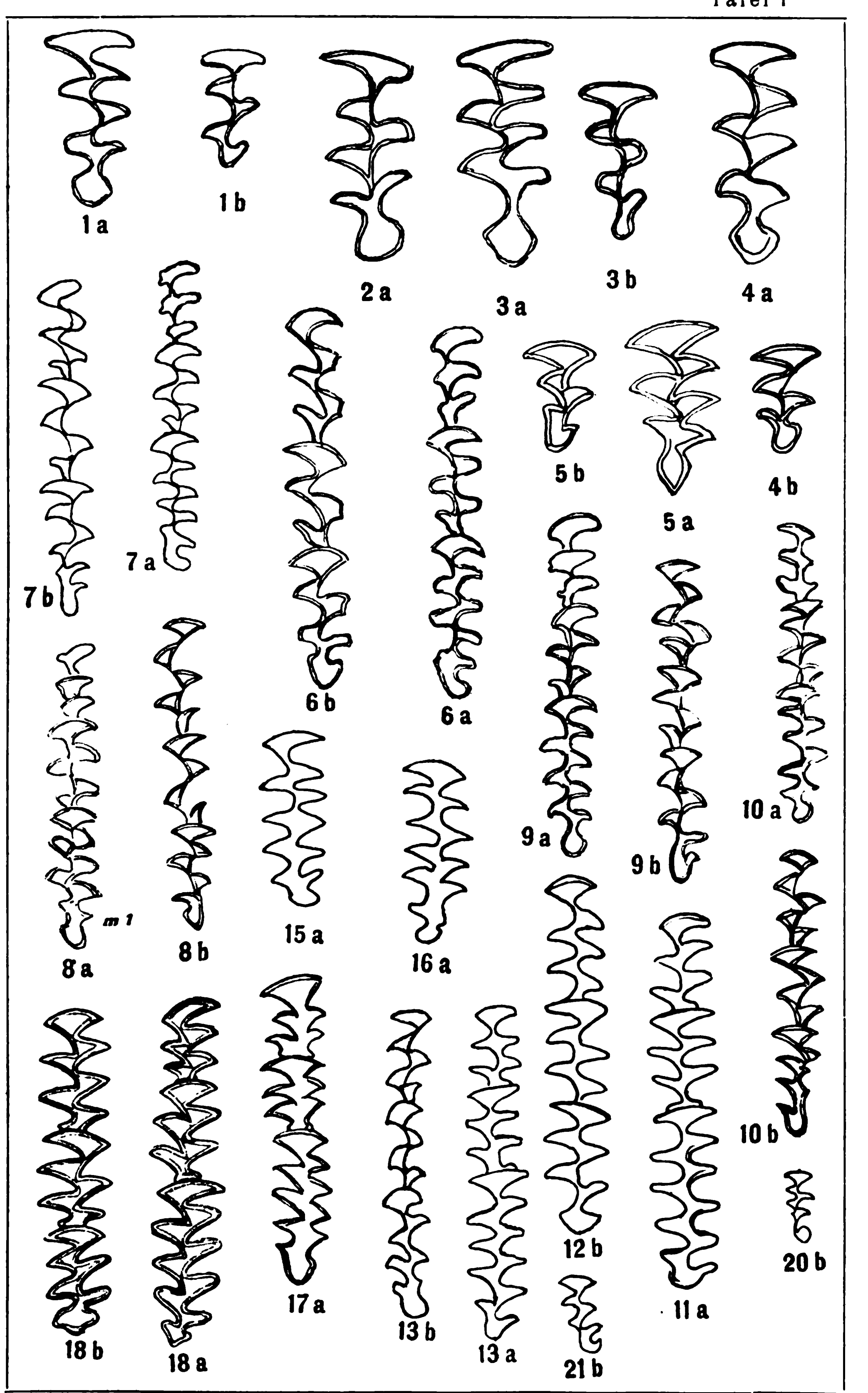


Fig. 14.

Fig. 20b und 21b *m3* des r. Oberkiefers von 2 *Microtus arvalis* aus der Gegend von Bretten, rezent, Altersvariationen darstellend.



F. Förster del.

Beiträge zur Stratigraphie und Palaeontologie der diluvialen Neckarsande.

Mauer.

A. Rutot[1] hat die Sande von Mauer mit den belgischen quarternären Schichten verglichen. Er hält den obern Sand von Mauer für analog mit dem Campinien, der Lettenbank stellt er die *„glaise moséenne"* gegenüber, dem untern Sand von Mauer den *„sable moséen"*. Ablagerungen verschiedener Flüsse lassen sich aber schwer miteinander vergleichen, denn sie sind meist lokal variabel. Nicht einmal die diluvialen Neckarsande mit gleicher Fauna stimmen unter sich überein. So besitzt Mauer seine obere Lettenbank, aber diese enthält die gleiche Fauna wie die einschließenden Sandschichten. Einzig und allein zeichnet sie sich durch ihre Fähigkeit aus, die Schalen der *Anadonta cygnea* besser zu konservieren, so daß diese Najade in der Lettenbank häufiger angetroffen wird als im Sande selbst, wahrscheinlich auch häufiger war, als limnophile Form. Nach Herrn Privatier J. Rösch findet sich aber unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers von Mauer noch eine 1,5 m dicke gegen das Gebirge zu abnehmende Sandbank, unter dieser eine innen 4 m dicke, gegen das Tal der Elsenz abnehmende Lettenbank, dann 1—2 m weißer Sand, dann 0,30 m schwarzer Sand, hierauf 0,30 m grobes Geröll. Hierauf folgt sogar noch eine 4 m dicke dritte Lettenbank, deren Letten mit Säure nicht aufbraust, dann Flußgeröll bis zum Grundwasser, von wo ab Untersuchungen fehlen. Obgleich die Fauna der obersten Schichten von Mauer noch nicht so klar ist, wie man meint, dürfte doch das folgende Profil Herrn Rutot dienlicher sein für seine Vergleiche.

[1] Bulletin de la Société Belge de Géologie etc. 1908. Memoires.

Der Sand von Bammental.

Etwa 4 km unterhalb Mauer mündet ein kleiner Bach, der Wiesenbach, in die Elsenz, auf dem rechten Ufer des letzteren Flüßchens. Kurz vorher durchfließt der Wiesenbach das Trockental Wiesenbach-Bammental. In der unteren Ecke, die Elsenz und Wiesenbach miteinander bilden, befindet sich etwas hinter dem Bergvorsprung, der Elsenz zugekehrt, ein weiteres Vorkommen diluvialer Neckarsande, der Sand von Bammental. Herr Martin Haaf in Mauer betreibt dort seit langen Jahren eine Sandgrube und das aufgeschlossene Profil gibt an Höhe dem von Mauer wenig nach. Die Sohle der Grube liegt etwa 2—4 mm über dem Spiegel der Elsenz. Der höchste Punkt eines Profils, das ich am 21. August 1908 von dem Mitteltrakt der Grube aufgenommen und das jetzt verschüttet ist, liegt 24 m über der Sohle. Es wurden damals gemessen:

1.	Humus	0,40 m
2.	Roter Sand aus rotem Sandstein, aber auch bis faustgroßes eirundes Granitgeröll enthaltend, nach unten in ganz feinen weißen oder gelben Sand übergehend	3,25 „
3.	Oberste Lettenbank, 2 Adern	0,95 „
4.	Sand mit dünnen Lettenschichten, meist Letten	0,72 „
5.	Obere Konglomeratbank aus Flußkies, meist schwarz gefärbt	2,00 „
6.	Sand, kleine Letten- und Kiesbänke	5,88 „
7.	Untere schwarze Konglomeratbank	0,90 „
8.	Sehr feiner Sand, weiß oder rostgelb	3,20 „
9.	Zwei Adern von blauem Letten	0,30 „
10.	Kies und Sand rostgelb in der Mitte der Höhe mit Lettenband	6,45 „
	Niveau des Weges und der Sohle	24,05 m

So wie die große Lettenbank im Maurer Profil, bietet die große Konglomeratbank im Bammentaler Profil eine bequeme Teilung des Profils für praktische Zwecke. Eine derartige nagelfluhartig verkittete Geröllbank fehlt in Mauer. Sie findet sich aber wieder auf beiden Seiten des Neckars bei Obrigheim. Es soll jedoch damit nicht gesagt werden, daß analoge Bildungen vorliegen, denn während unter der Konglomeratbank des rechten Neckarufers bei Obrigheim

Elephas primigenius gefunden wird, wie in Bammental, hat man auf dem linken Neckarufer bei Obrigheim *Elephas antiquus* entdeckt, wovon die Nachweise in meiner Sammlung liegen.

Es ist nun klar, daß der Bammentaler Sand, soweit angeschnitten, jünger sein muß als der Maurer Sand. Eine Lösdecke fehlt, der Löß steigt vom Tale aus nur bis etwa zur halben Höhe des Profils an.

Die Sande selber enthalten oft in wildem Chaos durcheinander geworfen, zentnerschwere Blöcke von rotem Sandstein, der nicht nur ober der Grube im Walde ansteht, sondern auch dicht daneben abgebaut wird.

Sonst finden wir so ziemlich alle Mineralien des Maurer Sandes unter dem Bammentaler Geröll wieder. Tierreste sind in den Bammentaler Sanden sehr selten. Sie sind aber von ganz anderer Beschaffenheit, sehr schwer und auch sonst besser erhalten als die Maurer Tierreste. — Schon bei oberflächlicher Untersuchung der Bammentaler Sande fällt uns das gänzliche Fehlen der in Mauer so zahlreichen Najadeen-Schalen (von *Unio pictorum, Unio batavorum* und *Anadonta)* auf. Es ist vielleicht die Eiszeit, die die Najadeen zum Aussterben gebracht hat. Ebenso fehlen alle Arten von Konchylien.

Interessant ist nun die Tierwelt von Bammental.

Das Wildpferd findet sich am häufigsten, dann der Edelhirsch, das Mammut, der Bison, der Riesenhirsch und der Bär, selten das Nashorn. Ich habe mir Mühe gegeben, die Tiere nach ihrer Herkunft aus den Schichten festzustellen, aber leider war dies nicht immer möglich, denn manches wurde in den abgerutschten Massen auf der Sohle der Grube gefunden, vor allem ein der Spezies nach noch nicht festgestellter Unterkiefer von Rhinoceros (im Besitze des Herrn Reallehrer Wagner in Heidelberg). Der ganz feine Sand von Schicht No. 2 hat nun Bison geliefert, den ich wenig verschieden von *B. europaeus* finde, während der Maurer Wiesent eine Rasse des *B. priscus* zu sein scheint.

Elephas primigenius fand sich besonders zahlreich in dem weißen Sande No. 8, darunter ein sogenannter Rekord-Molar im Gewichte von 18 Pfund. Die große Konglomeratbank enthält ebenfalls Bison, dann den Hirsch, das Wildpferd. In No. 10 wurde bei einem gerollten roten Sandsteinblock von 3—4 Zentner Gewicht in feinem weißen Sande ein Unterkiefer von *Ursus Deningeri* v. Kinkelin

gefunden. So hätten wir die Verbindung mit der Tierwelt von Mauer in diesem wichtigen Funde, dessen Schichtlage ich genau bestimmen konnte.

Der Riesenhirsch findet sich teils in, teils unter der Geröllbank. Ob es *Cervus germaniae Pohlig* oder *C. belgrandi* ist, muß noch festgestellt werden. Der Edelhirsch ist eine neue Form[1], die sich von allen rezenten Hirschen und Pohligs *C. antiquitatis* durch die völlig gerade, nicht nach unten (außen) konvexe Augensprosse unterscheidet. An Größe des Skelettes übertrifft er den *Cervus antiquitatis Pohlig* von Mauer, welch letzterer mit dem Isubrahirsch aus der Mongolei gar nichts zu tun hat (vide O. Schöttensack, „*Homo heidelbergensis*"). Das Wildpferd von Bammental ist von reinem Caballus-Typus, es ist eine andere, massigere Art als das Wildpferd der Maurer Sande.

Wir bezeichnen nun den Maurer Hirsch als *C. antiquitatis Pohlig*. (Das Material Pohligs enthält noch andere Formen als den Maurer Hirsch.)

Es ergibt sich dann folgender Vergleich:

Mauer.	Bammental.
Elephas antiquus	*Elephas primigenius*
Rhinoceros etruscus	*Rhinoceros sp.*
Equus caballus fossilis (f. robustior)	*Equus mauerensis (f. levior)*
Ursus etruscus und *Deningeri*	*U. Deningeri*
Alces latifrons[2]	*Cervus euryceros germaniae* oder *belgrandi*
Cervus antiquitatis	*Cervus Pohligi*
Bison priscus	*Bison europaeus.*

Wir sehen also, daß Bammental eine Art Fortsetzung der Maurer Sande in eine jüngere Zeit bildet. Nach Sauer hatte der Neckar schon das Trockental Wiesenbach-Bammental verlassen, als die Lößzeit hereinbrach. Damit wäre der Sand von Bammental vor der Lößzeit angeschwemmt, also vorlößzeitlich, wodurch wir einen

[1] Ich benenne diese Form dem ersten deutschen Kenner diluvialer Cerviden, Herrn Prof. H. Pohlig in Bonn zu Ehren als *Cervus Pohligi.*

[2] Geweihreste des Riesenhirsches, in Mauer gefunden, konnte ich nicht untersuchen.

wichtigen Anhaltspunkt für die Zeit hätten, in der die Bammentaler Tierwelt gelebt hat. Es werden somit diese beiden klassischen Fundstätten von Mauer und Bammental noch viel zur Chronologie des Diluviums beitragen können.

Haben wir hier zwei zeitlich aufeinanderfolgende Fundstätten, so bietet uns Obrigheim die beiden Faunen in unmittelbarer Angrenzung. So findet sich im Obrigheimer Sand in der Grube von Ludwig Ernst *Elephas antiquus* und der Wisent von Mauer, in der mehr nach außen gelegenen Grube von W. Göhrig *Elephas primigenius*.[1]

Equus caballus mauerensis.

Unter diesem Namen begreife ich das Wildpferd, dessen Reste unter der Lettenbank, also etwa im Niveau des menschlichen Unterkiefers von Mauer und tiefer bis aufwärts zur Lettenbank gefunden sind. Ich gebe hier den Umriß des Fesselknochens mit seinen charakteristischen weit ausbiegenden Ecken des proximalen Endstückes (Fig. 22a). Fig. 22b stellt den Fesselknochen des Wildpferdes von Mauer dar, mit mehr gerundeten Ecken des oberen Teiles. Dieser Charakter zeigt sich auch an einem kleineren Stück.

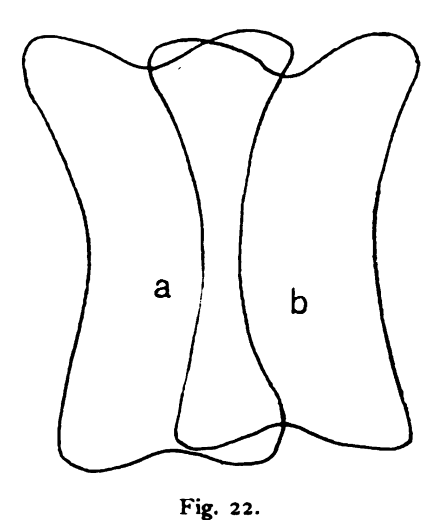


Fig. 22.

a. Das Fesselbein *(Phalanx prima)* von *Equus mauerensis*,
b. von *Equus caballus fossilis* von Bammental (Umriß).

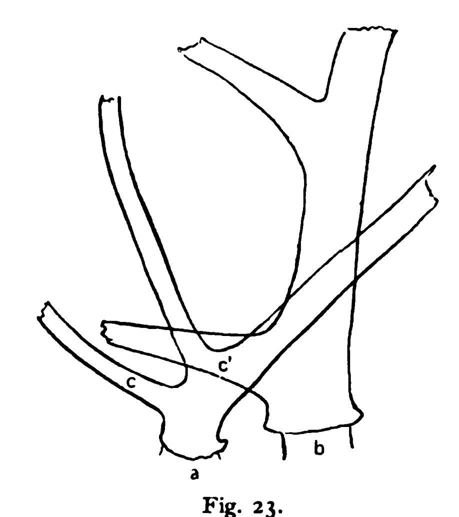


Fig. 23.

Basalteile einer Geweihstange
a. Von dem Edelhirsch von Mauer *(Cervus antiquitatis Pohlig)*.
b. Vom Bammentaler Edelhirsch *(Cervus Pohligi Förster)*.

[1] In der Grube des Herrn Ernst fand ich, etwa 1 m unter der Konglomeratbank, ganz wie in Mauer, *Unio batavorum*.

Cervus antiquitatis Pohlig.

Das Material Pohligs ist offenbar nicht homogen. Wir nehmen die Form als typisch an, bei der die Augensprosse sehr tief sitzt, die Eissprosse dicht daneben. Diese Form findet sich rein in den Maurer Sanden noch 1 m unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers bis dicht ober der Lettenbank (Fig. 23a). Eine herrliche Abwurfstange eines Zehnenders zeigt, daß der obere Geweihteil von dem des ostchinesischen *C. xanthopygus M. E., (C. Lühdorfi B.)*, Isubra, ganz verschieden ist und dem jetzigen Edelhirsch entspricht. Die tiefe Stellung der Eissprosse habe ich auch beim rezenten Edelhirsch beobachten können, aber nur selten. Bei *C. antiquitatis* von Mauer ist sie Regel. Dazu kommen noch andere Charaktere.

Cervus Pohligi m.

Pohligs Edelhirsch ist der Begleiter des *Ursus Deningeri* in den Bammentaler Sanden. Er gehörte einem kälteren Klima an als *C. antiquitatis*. In der hohen Stellung der Eissprosse übertrifft er den rezenten Edelhirsch oder gleicht ihm. Er unterscheidet sich aber von ihm durch die vollkommen gerade und starr abstehende Augensprosse charakteristisch (Fig. 23b, c1). Unter zahlreichen Geweihen deutscher, auch ungarischer und bosnischer Hirsche habe ich nichts ähnliches gefunden.

Unterkiefer von *C. Pohligi:* Länge vom Vorderende der Symphyse bis zum Hinterrande des Kiefers: 32 cm. Länge der Backzahnreihe von $P2 - m3 = 13$ cm. Höhe des Kiefers bei $P3$ gemessen $3\frac{1}{2}$ cm, am Hinterende von $m3$ gemessen $4\frac{1}{2}$. Abstand der Alveolen von $P2$ und der äußersten Incisorenalveole = 9 cm. *Processus coronoideus* und *Condyloideus fehlen leider.* Entfernung der Foveamentalis von der Alveola des äußersten Incisoren = 14 mm.

Da die Spitze von $P3$ noch nicht abgekaut ist, und $M3$ noch sehr hoch, so handelt es sich um ein jüngeres Stück, bei dem aber schon alle 3 ächten Molaren vorhanden sind. Vergleichen wir hierzu den Unterkiefer eines *C. antiquitatis,* der noch 1 m unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers zu Mauer gefunden worden ist. (Es handelt sich um ein altes Stück mit schon ganz abgekauten Praemolaren.)

Symphysenteil. Hinterrand mit den beiden Fortsätzen fehlen. Länge der Backzahnreihe längs den Alveolen von $P2 - m3 =$

12,5 cm. Höhe des Kiefers, bei *P3* gemessen, 3½ cm, am Hinterrande von *P4* gemessen 4,25 cm. Bei einem Kiefer aus der Lettenbank von Mauer beträgt die Länge der Backzahnreihe nur 11,5. Selbst dieser Kiefer ist aber etwas älter noch als der des *Cervus Pohligi,* m. a. W. der *Cerv. antiquitatis Pohl.* bleibt in allen angeführten Maßen des Kopfskelettes hinter dem *C. Pohligi* von Bammental zurück.

Die noch nicht ausführlich beschriebenen Tierformen sollen Gegenstand späterer monographischer Bearbeitung sein.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Herrn Prof. Dr. E. Fraas an der Königlichen Naturaliensammlung in Stuttgart, Herrn Professor Dr. M. Schwarzmann an der Großherzoglichen Landessammlung in Karlsruhe, Herrn Privatier J. Rösch und Herrn Martin Haaf, beide in Mauer, für ihre freundliche Unterstützung bei meinen Arbeiten herzlichen Dank auszusprechen.

Flüssige Kristalle, Molekularstruktur und Molekularkräfte.

Von **O. Lehmann.**

Die Grundlagen der Lehre von den flüssigen Kristallen, welche das Ziel verfolgt, über die molekulare Struktur der Materie und die molekularen Kräfte Auskunft zu geben[1], finden sich in ihren Anfängen bereits in meinem Buche »Molekularphysik«[2], seit dessen Erscheinen nunmehr ein Vierteljahrhundert verflossen ist.

Dieses Buch ist keineswegs einfach eine Zusammenstellung der damals von Andern erforschten Tatsachen auf diesem Gebiete, sondern enthält als Gerippe der Darstellung die im Laufe von 16 Jahren (mit Hilfe des von mir konstruierten »Kristallisationsmikroskops«[3]) zutage geförderten eigenen Ergebnisse, allerdings mit sorgfältiger Berücksichtigung der mir erreichbaren Literatur, wobei ich, wie sich ziemt, auch selbständig Gefundenes ohne weiteres als geistiges Eigentum dessen behandelte, der, ohne daß ich früher davon wußte[4], zuerst etwas darüber publiziert hatte.

---

[1] Siehe meinen Vortrag vom 8. XI. 12 in diesem Bande S. 98. Ich benütze die Gelegenheit, nachzutragen, daß dort auf S. 67 § 11 übersehen wurde, die Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Piëzoelektrizität nach E. Riecke, Phys. Zeitschr. 13, 415, 1912 einzufügen.

[2] O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig, W. Engelmann, 1888/89, 2 Bde.

[3] O. Lehmann, Das Kristallisationsmikroskop, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1910.

[4] Ich war von 1876—83 an einem Orte tätig, wo mir keine Hochschulbibliothek zur Verfügung stand und meine Zeit durch Schulunterricht (auch auf naturgeschichtlichem und geographischem Gebiete), Abhaltung von Extrakursen, Leitung einer Schulwerkstätte und praktische Betätigung auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie und Elektrotechnik aufs äußerste in Anspruch genommen war. Erst 1883—88, als ich Assistent und Dozent für Thermodynamik und physikalische Chemie in Aachen wurde, sodann als Leiter des elektrotechnischen Instituts an der techn. Hochschule in Dresden, welche Stellung ich bald wieder aufgab, um Physik und (6 Jahre lang) Elektrotechnik in Karlsruhe zu übernehmen, war mir sorgfältigeres Studium der Literatur möglich. Diese äußeren Verhältnisse mögen erklären, daß mir anfänglich manches entgangen ist.

Das Kristallisationsmikroskop ermöglichte einen rascheren und besseren Einblick in die tatsächlichen Verhältnisse zu erhalten als die üblichen makroskopischen Methoden, was bald dahin führte, daß ich von den verschiedensten chemischen Laboratorien um Gutachten in verwickelten Fällen ersucht wurde[1]. Umgekehrt hatte dies eine wesentliche Förderung meiner Arbeiten zur Folge, insofern ich auf solchem Wege manche interessanten Stoffe in die Hand bekam, die mir sonst nicht bekannt geworden wären, z. B. die trüb schmelzenden Stoffe der Herren Fr. Reinitzer[2] und L. Gattermann[3], deren trübe Schmelzen erst als breiartige Mischungen oder Emulsionen chemisch oder physikalisch isomerer Modifikationen aufgefaßt, nach längerem Studium mittelst meines Kristallisationsmikroskops aber als kristallinische Flüssigkeiten, d. h. Aggregate flüssiger Kristalle erkannt wurden[4], zu welchem Begriff einige Jahre zuvor das Studium der Plastizität fester Kristalle und namentlich der regulären Modifikation des Jodsilbers geführt hatte[5]. Wie wenig die gewöhnlichen makroskopischen Methoden imstande waren zu solcher Erkenntnis zu führen, geht daraus hervor, daß noch lange nachher von hervorragenden Forschern die Emulsionstheorie in heftiger Weise gegen meine Theorie der flüssigen Kristalle verteidigt wurde[6]. Daß sogar mikroskopische

Immerhin war meine Molekularphysik das erste Werk über Molekularphysik, in welchem die einschlägige Literatur zusammengetragen war — die Zitate nehmen 47 Seiten von Bd. 2 in Anspruch — und zwar so vollkommen, daß es selbst heute noch öfters als Nachschlagebuch für die damalige Literatur zitiert wird und z. B. J. H. van t'Hoff, wie er mir brieflich mitteilte, manches darin fand, was für ihn von ganz besonderem Werte war. Ich sehe mich genötigt, dies hervorzuheben mit Rücksicht auf die weiter unten erwähnte Kritik von W. Nernst.

[1] Siehe O. Lehmann, Kristallanalyse, Leipzig, W. Engelmann, 1891, Anhang.

[2] Fr. Reinitzer, Wien. Sitzb. **94** (2) 719, **97** (1), 167, 1888.

[3] L. Gattermann, Ber. d. D. chem. Ges. **23**, 1738, 1890.

[4] O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 462, 1889; Wied. Ann. **40**, 401, 1890; **41**, 325, 1890; Zeitschr. f. phys. Chem. **5**, 427, 1890.

[5] O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 120, 492 Anm. 1877; Wied. Ann. **24**, 23, 26, 1885; Molekularphysik **1**, 826, 1888. Die neue Welt der flüssigen Kristalle, Leipzig, Akad. Verlagsges. 1911, S. 154 u. ff.

[6] G. Quincke, Wied. Ann. **53**, 632, 1894 (vgl. **56**, 771); G. Tammann, Ann. d. Phys. **4**, 524, 1901 (vgl. **5**, 236) und **8**, 106, 1902 (vgl. **8**, 908); ferner Zeitschr. f. Elektrochemie 1905, Nr. 50, S. 955; W. Nernst, Diskussion, Zeitschr. f. Elektrochemie **12**, 431, 1906 (vgl. Physik. Zeitschr. **8**, 45, 1906); Theoret. Chem. 5. Aufl. 1907, S. 633 u. 6. Aufl. 1909 S. 637 (vgl. Vierteljahrsber. d. Wien. Ver. z. F. d. phys. u. chem. Unterr. **12**, 250, 1907); E. Bose, Physik. Zeitschr. **8**, 347, 1907 u.

Untersuchung nach gewöhnlicher Manier nicht dazu ausreichte kann man daraus ersehen, daß der als Botaniker in solchen Untersuchungen geübte Entdecker der trüben Schmelzen Fr. Reinitzer (in Verbindung mit dem speziell in Anwendung des polarisierten Lichtes wohl erfahrenen Kristallographen v. Zepharovich) nicht zur Erkenntnis der Existenz der flüssigen Kristalle gelangte — er hat nie über solche etwas publiziert — und daß auch der in schwierigen Arbeiten wohl erfahrene Chemiker L. Gattermann, der zuerst leichtflüssige kristallinische Flüssigkeiten darstellte, sich keine andere eigene Ansicht in der Sache zu bilden vermochte, als die, es handle sich um dieselben Erscheinungen wie bei den Reinitzerschen Stoffen. Etwa um dieselbe Zeit, als ich meine Molekularphysik bearbeitete (1885/87), erschien W. Ostwalds Allgemeine Chemie, in welcher teilweise meine Ergebnisse berücksichtigt wurden, doch nur nebenbei; denn Ostwalds Standpunkt war ein durchaus anderer. Während ich auf Grund meiner experimentellen Studien die althergebrachte Hypothese der Identität der Moleküle in den sogenannten polymorphen Modifikationen und Aggregatzuständen eines Stoffs als falsch erkannt und deshalb, da das Ziel der Wissenschaft die Erforschung der Wahrheit ist, Zuziehung dieser Hypothese, sowie von Molekularhypothesen überhaupt, in meinem Buch vermieden hatte[1], machte sie Ostwald in Übereinstimmung mit den allgemein üblichen Vorstellungen, insbesondere der kurz vor Publikation meiner ersten Arbeiten veröffentlichten Theorie von van der Waals[2], geradezu zum Fundament seiner Behandlung des Stoffs, ohne die Gründe, aus welchen meine Arbeiten zu anderem Ergebnis geführt hatten, die ihm augenscheinlich gar nicht bekannt waren, auch nur flüchtig zu erwähnen[3].

9, 169, 1908; G. Wulff, Zeitschr. f. Kristallogr. 45, 209, 1908; Wo. Ostwald, Grundriß d. Kolloidchemie, 1909, 93, 123; H. Deischa, Zeitschr. f. Kristallogr. 50, 32, 1911 u. a.

[1] Nur am Schlusse des II. Bandes wird kurz auf die Molekularhypothesen hingewiesen, sonst ist überall das Wort Molekül, Molekularstruktur usw. vermieden.

[2] J. D. van der Waals, Dissert. Leiden 1873, deutsch v. F. Roth 1881.

[3] W. Ostwald, Stöchiometrie, Leipzig, W. Engelmann 1885, 2. Aufl. 1891. Nur unter Polymorphie S. 695 bezw. 948 wird kurz gesagt, von mir werde Polymorphie auf Bildung von Molekülkomplexen zurückgeführt; mit der Bemerkung, man könne diese Vorstellung gelten lassen, obschon ihr zur Zeit eben nicht viel Bedeutung zugeschrieben werden könne, da es an Experimenten zu ihrer Erhärtung mangle.

W. Nernst, der 10 Jahre nach Publikation meiner ersten Arbeiten noch Student und dann Assistent von Ostwald war, schöpfte, wie auch in dem Vorwort zur 1. Auflage seiner »Theoretischen Chemie« 1893 angegeben ist, im wesentlichen aus Ostwalds-Handbuch und erwähnt schon aus diesem Grunde wenig von meinen Arbeiten[1]. Während aber Ostwald die Identitätstheorie der Aggregatzustände wenigstens noch als etwas hypothetisches hinstellte, ja sogar (S. 605, 1. Aufl.) die Formen der Moleküle im flüssigen und festen Zustand als verschieden betrachtete, ging Nernst, unbekümmert um die vorhandene Literatur, einen Schritt weiter, indem er die Aggregatzustände nicht mehr nach ihren Eigenschaften definierte[2], sondern unter Beiziehung der Identitätshypothese. Er sagt[3]: »Es vermag nun je nach der Natur des Gases bei obiger Versuchsanordnung (Erhöhung des Drucks bei genügend tiefer Temperatur) die Materie in zweifacher, wesentlich voneinander verschiedener Form sich zu kondensieren: sie erscheint entweder, dem Einfluß äußerer Kräfte, speziell der Schwere entzogen, in Kugelgestalt oder in von Ebenen begrenzten Formen als Kristall. Im ersten Fall nennen wir die Substanz flüssig, im zweiten fest.« In unmerklicher Weise wird hier dem Leser suggeriert, die Materie sei im kondensierten Zustand dieselbe wie im Gaszustand (d. h. die Moleküle seien dieselben, denn verschiedenartige Moleküle bilden eben verschiedenartige Materien), also gerade das, was ich (ebenfalls ohne Beiziehung des Molekülbegriffs) in meiner Molekularphysik bestritten hatte[4].

[1] Seine Zeit war nicht wie die meinige durch fremdartige Berufsarbeiten in Anspruch genommen, auch standen ihm die Hilfsmittel eines großen Universitätsinstituts für physikalische Chemie zur Verfügung. Dennoch habe ich lange Zeit keine Veranlassung genommen, die Außerachtlassung meiner Publikationen in seinem Lehrbuch zu beanstanden, obschon ich dadurch bei dessen Lesern — da viele Zitate gegeben werden, also der Schein gleichmäßiger Berücksichtigung der Literatur erweckt wird — in den Verdacht kam, teils längst bekanntes, teils unbrauchbares publiziert zu haben.

[2] Ostwalds Definitionen waren umständlich. In meiner Molekularphysik hatte ich flüssige und feste Körper als solche definiert, welche Kohäsion besitzen, d. h. einen negativen allseitigen Druck aushalten können, und zwar als feste Körper solche, welchen vollkommene Verschiebungselastizität, d. h. eine Elastizitätsgrenze zukommt. (Vgl. Flüssige Kristalle 1904, S. 86 u. ff.)

[3] W. Nernst, Theoretische Chemie, 1893 S. 47; 7. Aufl. 1913 S. 57.

[4] Daß letztere gar nicht erwähnt wird, ist vielleicht nicht bloß auf Unkenntnis zurückzuführen, denn im Vorwort wird gesagt, es seien nur solche Hypothesen be-

Meines Erachtens widerstreitet es dem Wesen der Wissenschaft, welche doch die Wahrheit sucht, wiederholt vorgebrachte und eingehend begründete Widerlegungen von Theorien außer acht zu lassen, auch wenn einige elegante Formeln dadurch in Wegfall kommen sollten.

Flüssige Kristalle kann es nach der erwähnten Definition von »flüssig« und »fest« nach Nernst nicht geben. Ich sollte meinen, bei der Menge Literatur, die heute bereits über flüssige Kristalle vorliegt, wäre es Pflicht des Autors gewesen, mindestens an das zu erinnern, was er selbst auf S. 98 der 4. Auflage (1903) gesagt hatte: »Zur Erklärung der Kristallstruktur müssen wir offenbar annehmen, daß zwischen den Molekülen Kräfte wirken, die ihre gesetzmäßige Anordnung bedingen. Je größer diese Kräfte sind, um so fester wird das Gefüge der Moleküle, um so schwerer deformierbar der Kristall sein. Werden umgekehrt diese Kräfte sehr schwach, so ist es denkbar, daß bereits unter dem Einflusse der Erdschwere wie auch der Kapillarspannung des Kristalls eine Deformation stattfindet, während eine Orientierung der Moleküle bestehen bleibt, d. h. wir erhalten einen flüssigen Kristall.«

Nernst stellt also hier die Existenz der flüssigen Kristalle als eine Konsequenz der bisherigen physikalisch-chemischen Anschauungen dar, und da kein Autor genannt wird, der diese Konsequenz gezogen hat, so vermutet der Leser naturgemäß, daß etwa der Verfasser oder ein anderer Vertreter der physikalischen

rücksichtigt worden, die sich bereits als nützlich erwiesen haben. Dies läßt die Deutung zu, die Identitätshypothese sei Hrn. Nernst zum Verständnis der Aggregatzustandsänderungen usw. nützlicher erschienen als meine, vielfach durch Versuche begründete Ansicht. Richtig ist, daß man mit einer möglichst einfachen, die Tatsachen rücksichtslos ignorierenden Hypothese leichter rechnen kann als mit einer komplizierteren. Wie wenig indes die Identitätshypothese schon bei Kondensation der Dämpfe zu Flüssigkeiten genügt, geht daraus hervor, daß sich van der Waals genötigt sieht »Scheinassoziation« anzunehmen (Nobelvortrag vom 12. Dez. 1910), was sich von meiner Annahme nur dadurch unterscheidet, daß ich die gebildeten Molekülkomplexe als Flüssigkeitsmoleküle auffasse. Daß die van der Waalssche Theorie bei Flüssigkeiten überhaupt nicht zutrifft, hat neuerdings G. Tammann, Ann. d. Phys. **37** 975, 1912, genau nachgewiesen. Aber nicht nur bezüglich der Hypothesen, sondern auch bezüglich der mitgeteilten Tatsachen ist eine solche Auswahl getroffen, daß diejenigen, die nicht zur Identitätshypothese passen wollen, also namentlich die von mir festgestellten, stillschweigend übergangen werden, wie man leicht aus dem Inhaltsverzeichnis und aus einer Bemerkung auf S. 666 ersehen kann.

Chemie[1] von selbst auf diese Idee gekommen sei[2], um so mehr als er fortfährt:

»In der Tat beobachtete Reinitzer vor einigen Jahren beim Cholesterylbenzoat eine eigentümliche flüssige, aber trübe Modifikation, die bei gekreuzten Nikols hell erscheint, also doppelbrechend ist. Das optische Verhalten dieses Körpers, wie auch das einiger von Gattermann aufgefundener Substanzen, bei denen ganz ähnliche Erscheinungen auftraten, wurde dann in eingehender Weise von O. Lehmann untersucht. Dabei zeigte es sich nun, daß in der Tat die fraglichen Modifikationen tropfbar flüssig sind, und daß freie Tröpfchen die Struktur von Sphärokristallen besitzen und wie Sphärokristalle bei gekreuzten Nikols das schwarze Kreuz zeigen. Man kann also vielleicht annehmen, daß eine radial angeordnete Orientierung der Moleküle sich in solchen Flüssigkeitströpfchen herstellt.«

Wie Nernst in dieser Hinsicht in Zweifel geraden konnte, ist unverständlich; denn Seite 76 derselben Auflage (und ebenso in allen anderen Auflagen) steht klar und deutlich: »Man wird demnach einen Kristall definieren als einen homogenen Körper, in welchem sich verschiedene, von einem seiner Punkte auslaufende Richtungen physikalisch verschieden verhalten. Die Voraussetzung der Homogenität, welche im folgenden immer festzuhalten ist, besagt, daß die physikalischen Eigenschaften nur von der Richtung, nicht vom Orte abhängen und insbesondere für alle parallelen gleichen Richtungen gleich sind.« Zu dieser Definition passen doch wohl Sphärokristalle und sonstige gekrümmte Kristalle, vor allem aber flüssige Kristalle durchaus nicht! Nernst durfte weder Sphärokristalle noch flüssige Kristalle als möglich zugestehen, er verwechselt offenbar

[1] In einem Bericht über die XIII. Hauptversammlung d. D. Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie in Dresden (Der Tag 30. V. 1906) von Dr. H. Großmann, in welchem von dem Siegeszug der physikalischen Chemie gesprochen wird, werdem diesem (allerdings unter Verschweigung meines Namens) auch die flüssigen Kristalle angereiht. Als Entdecker wird Hr. Vorländer genannt.

[2] Siehe Flüssige Kristalle 1904 S. 131. Hier habe ich mir zum erstenmal erlaubt, an dem Verfahren des Hrn. Nernst Kritik zu üben, um nicht, ebenso wie in früheren Fällen, bei den Studierenden, welche das Nernstsche Lehrbuch benutzen, in den Verdacht zu kommen, ich hätte mir eine Theorie des Hrn. Nernst oder eines andern Forschers unrechtmäßiger Weise angeeignet.

sich selbst mit mir, denn ich bin derjenige, der die Sphärokristalle unter die Kristalle aufgenommen hat (und zwar im Gegensatz zu den alten Anschauungen der Kristallographen[1]) und der zuerst die Möglichkeit der Existenz flüssiger Kristalle (auf Grund langjähriger Vorarbeiten) erörtert hat. Wie leicht Herrn Nernst solche Verwechslung wird, zeigt sich in den folgenden Auflagen des Buches, wo ohne Änderung der Kristalldefinition, also unter strenger Aufrechterhaltung der Homogenität als Charakteristikum eines Kristalls gesagt wird[2]: »Die Erscheinung, daß es bis zum gewissen Grade biegsame und selbst plastische Kristalle gibt, ist seit langem bekannt[3].« Das ist wohl richtig von meinem[4] Standpunkt, aber eben nur von diesem, denn von seiten der Kristallographen und Physiker wurde die Existenz plastischer Kristalle, deren Raumgitter sich ohne Änderung der Eigenschaften stören läßt, für unmöglich gehalten. So stellt sich also Nernst, in Widerspruch zu seiner Definition, bezüglich der Plastizität ganz auf meinen Standpunkt, indem er später sagt, es werde in meinen Publikationen »kein Unterschied zwischen der wahrscheinlich völlig verschiedenartigen Erscheinung der Plastizität gewisser Kristalle und dem erwähnten Phänomen der Trübung und Aufhellung (der Schmelzen von Reinitzer und Gattermann) gemacht«; denn solche mit dem Verhalten dieser Körper (welche Nernst nunmehr nicht mehr als flüssige Kristalle betrachtet) vergleichbare Plastizität hatte eben bis dahin außer mir niemand wahrgenommen oder vermutet.

Diese Leichtigkeit, mit welcher Nernst meine Ansichten mit den seinigen verwechselt, selbst wo sie mit letzteren in Widerspruch stehen, erklärt, daß solche Verwechslung auch da stattgefunden hatte, wo Übereinstimmung herrschte, d. h. daß Ergebnisse, die sich zuerst in meinen Abhandlungen fanden und mein geistiges Eigentum sein dürften, ohne Nennung meines Namens in das Nernstsche Buch übergegangen sind. (Vgl. weiter unten §§ 3 u. 6.)

[1] Siehe z. B. die Kritik von Cohen, vgl. Molekularphysik 1, 379. Anmerk.

[2] W. Nernst, Theoret. Chem. 5. Aufl. 1907, S. 633 u. 6. Aufl. 1909 S. 637.

[3] Ein Hinweis auf meine Untersuchungen oder sonstige Literatur wird nicht gegeben, somit der Schein erweckt, es handle sich um eine in kristallographischen Werken seit alter Zeit erörterte und als zweifellos richtig erwiesene Sache.

[4] Siehe Molekularphysik 1, 64 u. ff., 1888.

Man mag hieraus erkennen, mit welchem Recht Herr Nernst neuerdings (7. Aufl. 1913 S. 666) unter Bezugnahme auf die Rezension meiner Schrift »Das Kristallisationsmikroskop« durch Herrn Johnsen[1] mir Willkürlichkeit in der historischen Darstellung vorwirft. Daß, wie er weiter behauptet, meine Auffassung vom Standpunkt seines Werkes einfach undiskutierbar sei, steht zwar mit seinen oben zitierten früheren Angaben, aus welchen man schließen mußte, die Existenz der flüssigen Kristalle sei eine Konsequenz seiner Anschauungen, in Widerspruch, ist aber zutreffend, eben weil die Nernstsche Auffassung (die Identitätstheorie) falsch, somit eine Widerlegung meiner Ausführungen unmöglich ist.

Nachstehend gebe ich eine kurze Übersicht des Gedankenganges meiner Arbeiten und der erzielten Resultate mit historischen Notizen, die man mit der Darstellung der Herren Johnsen und Nernst vergleichen möge (namentlich die §§ 3 und 6). Dabei wird sich ohne weiteres ergeben, wie wenig deren Behauptungen berechtigt sind.

1. Raumgitterstörung beim Fließen fester Kristalle.

Bewegen sich die Moleküle eines Kristalls, wenn derselbe durch eine die Elastizitätsgrenze übersteigende Kraft zum Fließen gebracht wird, unter Störung des Raumgitters entsprechend den hydrodynamischen Stromlinien, oder ist Störung des Raumgitters unmöglich, ist die Analogie zum Fließen amorpher Körper nur eine scheinbare, indem beständiges Zerbrechen (ohne Raumgitterstörung) und Wiederverschweißen der Trümmer, oder Gleiten der Masse nach bestimmten Ebenen unter Parallelverschiebung (also ebenfalls unter Erhaltung des Raumgitters) stattfindet? Dies war die Grundfrage, veranlaßt durch Beobachtungen bei Gips (1873)[2] und Ammoniumnitrat (1874)[3], welche sich zu durchsichtigen Ringen biegen ließen. Ihre Beantwortung war es, die allmählich zur Entdeckung flüssiger Kristalle führte.

---

[1] Johnsen, Phys. Zeitschr. 12, 461, 1911.

[2] Siehe: Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 149. (Falls, wie hier, bei Zitaten der Name des Autors fehlt, handelt es sich um meine eigenen Publikationen.) Ferner: O. Mügge, N. Jahrb. f. Mineralogie 1886, I, 141.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 110, 1877.

Bis dahin war die Frage gar nicht erörtert worden, obschon Erscheinungen in der Natur[1] und in der Technik[2] sie sehr nahe legten. Man kam aber nicht auf den Gedanken der Möglichkeit einer Änderung des Raumgitters, weil dieses das Wesen des Kristalls zu bilden schien, das dessen (durch die chemische Zusammensetzung festgelegte) Form bestimmte, sowie sämtliche Eigenschaften; derart, daß die Änderung der letzteren im Fall polymorpher Umwandlung erklärt wurde durch eine Änderung des Raumgitters und ebenso die Änderung der Eigenschaften beim Übergang in den amorphen Zustand durch völlige Vernichtung des Raumgitters. Jede Änderung der Raumgitteranordnung mußte also von einer Änderung der Eigenschaften begleitet, d. h. gleichbedeutend mit Zerstörung des Kristalls sein, während beim »Fließen eines Kristalls« dieser selbst, (d. h. bezüglich der Eigenschaften) natürlich ungeändert bleiben muß.

Ich fand vor allem (anscheinend durch Kapillardruck oder Gegendruck eines zähen Mediums) zu mikroskopisch kleinen Ringen zusammengebogene völlig durchsichtige Kristalle, bei welchen sich die Auslöschungen stetig änderten und überall der Tangente parallel waren, z. B. bei Orthoquecksilberditolyl[3], welches

[1] J. D. Forbes, Phil. Trans. Lond. 1846, S. 143 beispielsweise, versuchte das Fließen der Gletscher zu erklären durch Annahme einer breiigen Struktur derselben aus Eistrümmern und Wasser; J. Tyndall, Phil. Mag. (4) **15** u. **16**, 1858; **17**, 1859 nahm Regelation als Ursache an; H. Schlagintweit, Pogg. Ann. **80**, 177, 1850 Zertrümmerung und Wiederverschweißung. (Siehe auch E. Hagenbach, Verh. d. nat. Ges. Basel **8**, 821, 1879); Fr. Pfaff, Pogg. Ann. **155**, 169, 1875 vermutete den Grund in der von E. Reusch, Pogg. Ann. **121**, 578, 1864 entdeckten Translation längs Gleitflächen.

[2] Die Versuche von H. Tresca über das Fließen fester Metalle unter hohem Druck, Compt. rend. **59**, 754, 1864 erklärte man durch das leichte Verschweißen der Trümmer, welches von W. Spring, Bull. Acad. Belg. (2) **49**, 27, 1880 bewiesen wurde. Schließlich sollten regellose Molekularaggregate entstehen, wenn die Trümmer nur noch einzelne Moleküle sind, die Metalle sollten durch Schmieden usw. amorph werden. Siehe auch S. Kalischer, Ber. d. D. chem. Ges. **15**, 702, 1882; W. Voigt, Rapp. près. au Congr. intern. de phys. Paris 1900 S: 67; Phys. Zeitschr. **4**, 854, 1903; W. Campbell, Zeitschr. f. d. g. Hüttenk. 1906 Nr. 23 u. 24; G. Wyrouboff, Rev. gén. d. Sc. **17**, 1057, 1906; P. Asteroth, Dissert. Marburg 1907; Ch. Ed. Guillaume, Schweiz. Naturf. **1**, 205, 1907; G. T. Beilby, Zeitschr. f. Krist. **42**, 308, 1906 Beibl. **32**, 931, 1908; G. Tammann, Zeitschr. f. Elektrochem. 1912, 587, welch letzterer annimmt, daß ausschließlich Translation längs Gleitflächen (Reusch) erfolgt.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. **10**, 7, Fig. 39, 1885.

sich aus Lösung in Kolophonium ausschied, bei welchen also die Trümmer einzelne Moleküle und die Auslöschungsrichtungen die Achsen der Moleküle waren, folglich das Raumgitter völlig inhomogen sein mußte, im Widerspruch zu der herkömmlichen Kristalldefinition, welche Homogenität als wichtigstes Attribut der Kristalle bezeichnete[1]. (Daß die Auslöschungen durch die Moleküle, nicht durch deren Aggregation bedingt sind[2], folgte aus den Untersuchungen über Polymorphie § 6). Aus diesem Grunde habe ich mich bereits vor 25 Jahren dahin geäußert, zwischen der Plastizität der Kristalle und der der amorphen Körper sei nur insofern ein Unterschied, als bei Kristallen die Elastizitätsgrenze nach verschiedenen Richtungen verschieden ist, so daß (ähnlich wie bei Spaltbarkeit) eine Ebene hinsichtlich der Plastizität weitaus bevorzugt sein kann[3], was die Versuche von Reusch erklärt. Bei amorphen Stoffen bildet (wie bekannt) die Gleitfläche 45° mit den Hauptspannungen[4], bei Kristallen kann der Winkel (in jedem Fall) ein anderer sein.

2. Gerundete Kristalle, Globuliten und Skelette.

Bei weichen Kristallen erscheinen, wohl infolge (zu normaler Treppenbildung) unzureichender molekularer Richtkraft, Flächen, Kanten und Ecken häufig gerundet; embryonale Kristalle (Globuliten), die allmählich fest und allmählich anisotrop werden, wie M. Vogelsang (1875) annahm, gibt es aber nicht. Die Skelettbildung beruht nicht auf Globulitenaggregation, sondern auf Erschwerung der Diffusion[5], die sich durch das Auftreten eines lichteren oder weniger stark lichtbrechenden d. h. minder übersättigten Hofes um die wachsenden Kristalle kundgibt.

3. Die anomalen Mischkristalle und Schichtkristalle.

Das Gesetz der getrennten Kristallisation ist kein Beweis für die Notwendigkeit homogener Raumgitterstruktur. Daß nur Ein-

[1] Vgl. P. Groth, phys. Kristallogr. 4. Aufl. 1905; E. Riecke, Lehrb. d. Physik 5. Aufl. **1**, 574, 1912; W. Nernst, Theoret. Chem. 7. Aufl. S. 73, 1913; H. Deischa, Zeitschr. f. Kristallogr. **50**, 32, 1911 usw.

[2] Natürlich ist dies nicht so aufzufassen, als ob ein einzelnes Molekül Auslöschungsrichtungen habe.

[3] Molekularphysik **1**, 64 u. ff. 1888.

[4] Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **52**, 387, 1908; Phys. Zeitschr. **8**, 386, 1907.

[5] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 433, 1877; Molekularphysik **1**, 730, 1888.

mischung in die einzelnen (aus vielen chemischen Molekülen bestehenden) Kristallmoleküle stattfindet, wie es die Homogenität des Raumgitters erfordern würde (Theorie der Isomorphie), ist unrichtig schon deshalb, weil auch nicht isomorphe Stoffe sich einmischen, z. B. Eisenchlorid in Salmiakkristalle[1].

Es handelt sich dabei nicht um Einschlüsse von Mutterlauge, denn die Kristalle sind dunkler als die Lösung; auch nicht um Einschluß fester Partikelchen, denn solche werden von den wachsenden Kristallen zurückgeschoben; sondern um Zuströmen des Eisenchlorids durch Diffusion, denn um die Kristalle bildet sich ein Hof, der heller ist als die Mutterlauge. Die Lösung als Lösung von Eisenchlorid betrachtet, ist übersättigt in bezug auf Salmiak. Es gibt somit — was bis dahin nicht bekannt war — zwei Sättigungspunkte einer solchen Lösung in bezug auf Salmiak (den andern, insofern sie Salmiaklösung ist). Erst nach Überschreiten des ersten Sättigungspunktes (Vaters Schwellenwert) beginnt die Färbung. Daß sie nach Überschreitung einer gewissen Konzentration (Vaters Höhenwert) nicht mehr zunimmt, ist selbstverständlich, da sich die Zusammensetzung der Mischkristalle immer mehr der der reinen Farbstoffkristalle nähert, für welche die Lösung ungesättigt ist. Die Übergänge zu Schichtkristallen beweisen, daß es sich um Zwischenlagerung handelt, d. h. ein Mischkristall hat die molekulare Konstitution einer Lösung. Er ist weniger löslich als die Komponenten, so wie die Grenzfläche bei Schichtkristallen. Die Raumgitterstruktur der Mischkristalle, insbesondere der geschichteten, ist inhomogen.

4. Krümmung und Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit.

Die Raumgitterstörung bei nichtisomorpher Beimischung gibt sich namentlich bei geschichteten anomalen Mischkristallen auch äußerlich kund durch Krümmung, Verdrillung und Verzweigung der Kristalle[2], welche sich bis zur Entstehung von Sphärokri-

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 483, 528, 1877; **8**, 433, 1883; Zeitschr. f. phys. Chem. **1**, 15, 1887; **8**, 543, 1891; Wied. Ann. **51**, 47, 1894; Molekularphysik **1**, Taf. 3—5, 1888; Flüssige Kristalle 1904, 150—182; Die scheinbar lebenden Kristalle 1907, S. 52; Die neue Welt d. flüssigen Kristalle 1911, S. 122.

[2] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 479, 1872 u. später; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 39, Fig. 16 u. 32.

stallen[1] fortsetzen kann. In anderer Weise äußert sie sich durch Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit, z. B. bei Salmiak mit Eisenchlorid[2]. Weiter in Erhöhung der Stabilität polymorpher Modifikationen[3], z. B. bei Salmiak mit Cadmiumchlorid oder Brom- und Jodammonium.

5. Die Eigenschaften verbogener Kristalle.

Löslichkeit, Schmelzpunkt, Dampftension und andere Eigenschaften erweisen sich meinen Untersuchungen zufolge als unabhängig von der Raumgitterstörung, können also nicht durch die Art der Aggregation der Moleküle bedingt sein[4].

6. Die Umwandlungstemperatur bei Polymorphie.

Die Unabhängigkeit der Eigenschaften plastischer Kristalle von der Art der Aggregation der Moleküle steht im Widerspruch zu der üblichen Theorie des Polymorphismus, welche annimmt, zwei polymorphe Modifikationen beständen aus denselben Molekülen in verschiedener Raumgitteranordnung; denn Löslichkeit, Schmelzpunkt und Dampftensionen solcher Modifikationen sind verschieden, wie sich insbesondere bei meiner Untersuchung der »Aufzehrungserscheinungen« ergeben hat. Früher waren diese rätselhaft, weil man nur einen Sättigungspunkt einer Lösung kannte (vgl. Vogelsangs Globulitenattraktion). Aus meinen Beobachtungen ergab sich, daß nicht einfach von dem Sättigungspunkt einer Lösung gesprochen werden könne, daß vielmehr angegeben werden müsse, in bezug auf welche Modifikation die Sättigung gemeint ist. Hierdurch klärte sich der Vorgang vollkommen auf. Durch Auflösung der labilen Modifikation entsteht eine Lösung (bzw. ein Dampf), die in bezug auf die stabile

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. 18, 459, 1890.

[2] Molekularphysik 1, Taf. III, 1888; Vierteljahrsber. d. Wien. Ver. z. Förd. d. phys. u. chem. Unterr. 12, 250, 1907; Jahresber. d. phys. Ver. z. Frankfurt a. M. 1906/07, Sonderabdr. S. 19, 1908.

[3] Molekularphysik 1, 455, 1888; Ann. d. Phys. 21, 181, 1906; Flüssige Kristalle 1904, 199; Scheinb. lebende Kristalle 1907, S. 56.

[4] Zeitschr. f. Krist. 12, 404, 1887; Flüssige Kristalle 1904, S. 164, (gegen W. Nernst, Theoret. Chem. 4. Aufl. 88, 1903); A. Ritzel, Zeitschr. f. Krist. 49, 152, 1911.

Modifikation übersättigt ist, so daß letztere wachsen muß, während die erstere sich auflöst[1].

Der Vorgang der Umwandlung sollte nach der üblichen Theorie lediglich in einer Umlagerung der Moleküle (Raumgitteränderung) ohne Änderung ihrer Natur bestehen. Dieser molekularen Umlagerung sollte sich die innere Reibung widersetzen[2], derart, daß die eine Modifikation bis zu einer »oberen Grenztemperatur« erhitzt, die andere bis zu einer »unteren Grenztemperatur« abgekühlt werden müßte, falls Umwandlung eintreten sollte, wobei die Differenz der beiden Grenztemperaturen etwa der mittleren inneren Reibung der beiden Modifikationen entsprechen würde. Im Gegensatz dazu fand ich, daß in einzelnen Fällen von Polymorphie, die ich als »Enantiotropie« bezeichnete, speziell dann, wenn beide Modifikationen in Berührung sind[3], Vor- und Rückumwandlung bei derselben Temperatur vor sich gehen. Diese Temperatur, von der ich bereits angab, daß sie ähnlich wie Schmelz- und Siedepunkt vom Drucke abhängig sein müsse und ganz der Dissoziationstemperatur lockerer (Molekül-) Verbindungen (d. h. solcher chemischer Verbindungen, die nicht der Strukturtheorie und der Avogadroschen Regel genügen) entspreche, deren Existenz kein Ergebnis der Thermodynamik ist, nannte ich »Umwandlungstemperatur«[4].

Aus meinen Beobachtungen über die Aufzehrungserscheinungen folgte weiter, daß entsprechend G. Kirchhoffs[5] Betrachtungen über die Dampftension beim Schmelzpunkt, die Temperatur, bei welcher die Löslichkeiten bzw. Dampftensionen beider Modifikationen gleich sind, die Umwandlungstemperatur ist, und

[1] Zeitschr. f. Krist. **1**, 101, 1877; Molekularphysik **2**, 151, 1888; Zeitsch. f. phys. Chem. **9**, 671, 1892; Flüssige Kristalle 1904, 159; Die neue Welt der flüss. Kristalle 1911, S. 83 ff.

[2] W. Gibbs, Thermodyn. Studien, 1876, deutsch von W. Ostwald 1892 S. 43 Anm. 1; O. Lehmann, Ann. d. Phys. **20**, 77, 1906; **22**, 469, 1907; Zeitsch. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911, S. 73.

[3] Zu dessen Realisierung das von mir konstruierte Kristallisationsmikroskop gehört, weshalb früheren Beobachtern die Existenz d. Umwandlungstemp. entgangen ist

[4] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 17, 1877; Molekularphysik **1**, 119 u. ff., 1888; Flüssige Kristalle 1904, 190. Das Kristallisationsmikroskop, Braunschweig 1910, S. 18 u. ff.; Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 73 u. ff. S. a. W. Nernst, Th. Chem. 7. Aufl. 1913, 14, wo sich nur ein Hinweis auf W. Ostwalds Allg. Chemie findet.

[5] G. Kirchhoff, Pogg. Ann. **113**, 206, 1858; J. H. van t'Hoff, 1884.

daß über oder unter derselben jeweils die labile Modifikation die größere Löslichkeit bzw. Dampfspannung besitzt.

Aus diesen Untersuchungen habe ich den Schluß gezogen, eine bestimmte Molekülart könne sich immer nur zu einem einzigen Raumgitter aggregieren[1], woraus in Übereinstimmung mit dem oben dargelegten folgt, daß durch Deformation plastischer Kristalle allein nie polymorphe Modifikationen entstehen können.

7. Die drei Aggregatzustände eines Stoffs.

Durch die Ausdehnung dieser »Theorie der physikalischen Polymerie« auf die sog. drei Aggregatzustände eines Stoffs, in dem Sinne, daß Schmelzpunkt und Siedepunkt enantiotrope Umwandlungstemperaturen sind, fiel auch der Widerspruch zwischen dem Verhalten plastischer Kristalle und der üblichen Theorie der Amorphie, d. h. letztere wurde unhaltbar. Die sog. drei Aggregatzustände sind hiernach (unter Benutzung der 1876, bald nach Erscheinen meiner Abhandlung, welche von ihm zitiert wird [a. a. O. S. 380, Anm. 1], von W. Gibbs eingeführten Bezeichnungen) Phasen, die sich in heterogenem Gleichgewicht befinden und von welchen jede aus drei voneinander abhängigen in homogenem Gleichgewicht befindlichen Komponenten besteht[2]. Nach der herkömmlichen Identitätstheorie[3], welche früher zu der Bezeichnung »Aggregatzustände« Anlaß gegeben hatte, waren solche homogenen Gleichgewichte, z. B. zwischen Eis-, Wasser- und Dampfmolekülen ausgeschlossen, eben weil diese Moleküle identisch sein sollten, also von einer Mischung derselben zu sprechen keinen Sinn hatte. Durch meine Theorie ergab sich sofort (wenigstens qualitativ — die quantitative Bearbeitung fehlt noch —) die Erklärung der bis dahin unverständlichen Anomalien der thermischen Ausdehnung, der spez. Wärme, der Oberflächenspannung usw. in der Nähe von Schmelz- und

[1] Molekularphysik, Kapitel Molekulartheorien Bd. **2**, 413, 1889.

[2] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 97, 1877 (Dissert. Straßburg 1876); Molekularphysik **1**, 682, 1888; **2**, 139, 1889; Ann. d. Phys. **20**, 77, 1906; **22**, 469, 1907; Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910.

[3] Welche z. B. die Grundlage in W. Nernsts Theor. Chemie 7. Aufl. 1913 bildet (S. 56, 68, 666 usw.).

Siedepunkt, der Existenz der kritischen Temperatur[1], das Wesen der Kondensation der Dämpfe und der Kristallisation der Schmelzen (einschl. der von mir so genannten Monotropie[2]), sowie der Überkühlung der Schmelzen zu amorphen Körpern.

8. Amorphe, feste Körper (Gläser, Harze).

Während man früher annahm, solche seien lediglich regellose Aggregate derselben Moleküle, aus welchen eine der kristallisierten sog. Modifikationen des Stoffs in Raumgitteranordnung zusammengesetzt ist[3], mußten sie nach meiner Erklärung Gemische der Moleküle verschiedener Modifikationen sein, die sich entweder in homogenem Gleichgewicht befinden oder mit durch die Zähigkeit sehr verminderter Geschwindigkeit solchem zustreben. Während bei Mischkristallen sich nur starke Reduktion der Wachstumsgeschwindigkeit und der Größe der Individuen zeigt, fehlt amorphen Stoffen die Wachstumsfähigkeit vollkommen. Sie können deshalb auch nicht (wie noch W. Gibbs a. a. O. S. 380 glaubte) als Phasen bezeichnet werden wie Kristalle, denn sie können sich nur insofern an einem heterogenen Gleichgewicht beteiligen, als je nach der Beschaffenheit vorhandener Kerne früher oder später eine Aufhebung des Übersättigungszustandes möglich ist, z. B. in Dämpfen durch Rauchbildung. Die Ansicht, Kristalle könnten z. B. durch Ausschmieden amorph werden (§ 1 Anm. 2), hat sich durch meine Versuche an plastischen Kristallen[4] als unhaltbar erwiesen. Die Löslichkeit bleibt dabei durchaus dieselbe und der Schmelzpunkt ist ebenso scharf wie zuvor, während amorphe Körper allmählich erweichen. (Vgl. § 5).

9. Kristallisationskraft und Selbstreinigungsvermögen.

Die Kraft, welche beim Zusammentreten der Kristallmoleküle zum Raumgitter bewirkt, daß fremde Moleküle (z. B. solche des

[1] Siehe auch J. D. van der Waals, Nobelvortrag vom 12. Dez. 1910 S. 9 »Scheinassoziation«.

[2] Molekularphysik 1, 103, 688, 1888; Zeitschr. f. Kristallogr. 18, 465, 1890 (Erkennung der Farbe der Schmelze); Zeitschr. f. phys. Chem. 73, 598, 1910 (der prinzipielle früher vermutete Unterschied gegen Enantiotropie besteht nicht).

[3] Siehe § 1 Anm. 2: W. Voigt, G. Wyrouhoff, Ch. Ed. Guillaume usw.

[4] Zeitschr. f. physik. Chem. 4, 467, Fig. 3, 1889.

Lösungsmittels), die sich zwischen ihnen befinden, gewissermaßen herausgequetscht werden (Selbstreinigungsvermögen), ist wohl dieselbe, welche in andern Fällen die fremden Moleküle zu regelmäßiger Anlagerung zwingt (Misch- und Schichtkristallbildung) und bei polymorpher Umwandlung regelmäßige Orientierung der beiden Modifikationen gegeneinander[1]. Im letzteren Fall beobachtete ich, daß sie auch Bewegungsvorgänge[2] und Arbeitsleistungen hervorzurufen vermag. In auffälliger Weise kann man Arbeitsleistungen der Kristallisationskraft, wie schon bekannt war, beobachten bei Kristallisation aus Gallerten und bei Elektrolyse fester oder zähflüssiger Körper[3]. Die Wirkung muß sich nicht nur aus dem Gesetz der Molekularkräfte, sondern auch aus den Sätzen der Thermodynamik berechnen lassen.

10. Die flüssigen Kristalle.

Die Kristalle von Ammoniumoleat sind um so weicher und plastischer, je höher die Temperaturen ihres Existenzbereichs.

Ganz so wie die Kristallisationskraft bei Störung des heterogenen Gleichgewichts zwischen Ammoniumnitrat und dessen gesättigter Lösung das Wachsen der Ammoniumnitratkristalle verursacht, bedingt sie beim Abkühlen einer heiß gesättigten Lösung von Ammoniumoleat oder Lezithin in Alkohol die Ausscheidung eines zähflüssigen, trüben kristallinischen Bodensatzes oder bei Abkühlung einer Schmelze von Jodsilber die Ausscheidung plastischer Jodsilberkristalle[4]. Die letztere Jodsilbermodifikation, welche zuvor von Rodwell[5] sehr eingehend untersucht und als amorph (d. h. nach meinen Vorstellungen über die Natur amorpher Körper als vielleicht zähflüssig) erklärt war, erkannte ich als kristallinisch. Hier trat also zuerst die Frage auf, können Kristalle nicht nur plastisch sein, d. h. als feste Körper unter Druck, der

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 107. 490, 1877.

[2] Wied. Ann. **25**, 173, 1885; Ann. d. Phys. **21**, 381, 1906.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 487, 1877; Molekularphysik **1**, 345, 1888; Flüssige Kristalle 1904, 137; Die neue Welt der fl. Kristalle 1911, 330; Physik. Zeitschr. **11**, 44, 1910; Umschau **14**, 950, 1910.

[4] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 120, 492 Anm. 1877; Wied. Ann. **24**, Taf. 1, Fig. 27, 1885; **38**, 400, Anm. 2, 1889; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911, S. 154 u. ff.

[5] C. F. Rodwell, Chem. News **30**, 289, 1874; Proc. Roy. Soc. Lond. **25**, 287, 1876/77; Phil. Trans. Lond. **173**, 1137, 1882.

die Elastizitätsgrenze übersteigt, fließen oder gibt es auch flüssige Kristalle, d. h. solche, welchen eine Elastizitätsgrenze fehlt?

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen mittels meines für diese Untersuchungen sehr wesentlichen Kristallisationsmikroskops (auch an anderen Stoffen[1]) kam ich natürlich zu dem Ergebnis die genannten Kristalle von Ammoniumoleat (u. Lezithin) haben keine Elastizitätsgrenze, denn zwei Individuen können zu einem größeren Individuum zusammenfließen und sich zu normaler (gerundeter) Polyederform ausrecken.

11. Gestaltungskraft und spontane Homöotropie.

Daß freischwebende flüssige Kristalle, obschon sie, wie das Zusammenfließen beweist, Oberflächenspannung besitzen, sich nicht wie amorphe flüssige Tropfen zu Kugeln abrunden, ist die Wirkung einer Gestaltungskraft, die nicht Elastizität sein kann, da auch eine aus einem flüssigen Kristall herausgeschnittene Kugel sich sofort zu polyedrischer Gestalt ausrecken würde. Wahrscheinlich beruht die Gestaltungskraft auf Anisotropie der Expansivkraft (der thermischen Bewegung) infolge der (durch die optische Anisotropie nachweisbaren) anisotropen Struktur, welche Ausbeulungen der Oberfläche hervorruft, bis der dadurch geweckte Kapillardruck den Überschuß der Expansivkraft an der betreffenden Stelle kompensiert[2]. Der Mangel irgend welcher Strömungen im flüssigen Kristall beweist, daß die Oberflächenspannung selbst (nicht der Kapillardruck) überall denselben Wert hat.

12. Erzwungen regelmäßig flüssig-kristallinische Schichten.

Nur äußerst kleine flüssige Kristalle haben annähernd regelmäßige Raumgitterstruktur wie normale feste Kristalle; doch läßt sich auch in ausgedehnteren Schichten regelmäßige Struktur erzwingen, wenn dieselben zwischen geeignete übereinstimmend orientierte anisotrope Platten oder mit dünnen übereinstimmend

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 462, 1889; Molekularphysik **2**, 221, 1889; Zeitschr. f. phys. Chem. **5**, 427, 1890; Ann. d. Phys. **40**, 401; **41**, 525, 1890; Wied. Ann. **56**, 771, 1895; Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 91, 1895; Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 321, 1908; Heidelb. Sitzb. 1912 Nr. 13 S. 5 usw. Konstanten s. in Landolt-Börnsteins Phys. chem. Tabellen 4. Aufl. 1912 S. 246; desgl. Literatur.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 704, 1900; **12**, 319, 1903; **17**, 728, 1905. Verh. d. D. phys. Ges. **8**, 143, 1906; Phys. Zeitschr. **7**, 722, 789, 1906.

orientierten flüssig-kristallinischen Häutchen überzogene isotrope Platten gebracht werden. Bei solchen flüssig-kristallinischen Schichten lassen sich dieselben optischen Untersuchungen durchführen wie bei festen Kristallplatten[1]. Bei Verwendung einer Linse als Deckglas kann man durch Ausmessung der Newtonschen Ringe zwischen gekreuzten Nikols die Doppelbrechung der flüssigen Kristalle bestimmen[2]. Durch ein magnetisches Feld läßt sich die Anordnung der Moleküle stören[3]. Strömung ändert die Struktur nicht, wenn sie nicht zu rasch ist[4], jedes Molekül behält bei der Bewegung seine Orientierung wie eine Kompaßnadel.

13. Die Brownsche Bewegung bei flüssigen Kristallen.

Dieselbe ist schwer zu konstatieren (desgl. ihre Anisotropie), weil wegen des Selbstreinigungsvermögens feine Partikelchen nicht suspendiert bleiben. Es ist nicht möglich, flüssig-kristallinische kolloidale Lösungen herzustellen. Doch läßt sich an der Entstehung rasch wechselnder winziger Ätzfiguren ein bewegliches Gleichgewicht zwischen flüssigen Kristallen und ihrer Mutterlauge erkennen[5]. (Vgl. ferner Ch. Mauguin § 15 a. folg. Seite.)

14. Erzeugung von Schraubenstruktur durch Verdrillung.

Die durch gegenseitige Verdrehung der begrenzenden anisotropen Platten sich herstellende Schraubenstruktur macht sich geltend durch Drehung der Polarisationsebene und der Richtung stärkster Absorption. Die infolge des Dichroismus auftretende Färbung entspricht bei unten eingeschaltetem Nikol der Struktur der Unterseite, bei oben eingeschaltetem dem der Oberseite[6].

15. Spontane und erzwungene Pseudoisotropie.

Die Adsorptionskraft von Glasplatten (auch von Glimmerplatten) kann bewirken, daß sich die Molekülhauptachsen (Blätt-

---

[1] Wied. Ann. **41**, 529, 1890; Ann. d. Phys. **2**, 657, 1900; **12**, 311, 1903. Auch die regelm. Orientierung bei Entstehung aus festen Kristallen kann ebenso wirken: Flüssige Kristalle Taf. 3—5, 1904.

[2] Ann. d. Phys. **18**, 808, 1905; Fricks phys. Technik II (2) 1341, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900. Ch. Mauguin, Compt. rend. **152**, 1680, 1911.

[4] Ann. d. Phys. **39**, 80, 1912.

[5] Phys. Zeitschr. **12**, 543, Anm. 1911.

[6] Ann. d. Phys. **2**, 670, 1900. Ch. Mauguin, Compt. rend. **151**, 886, 1910; Die neue Welt d. fl. Krist. 1911 S. 222 Anm. 2.

chenachsen) senkrecht zum Glase stellen, während die Nebenachsen völlig regellos gerichtet sind. Eine derartige Struktur nannte ich pseudoisotrop oder halbisotrop[1]. Durch Drücken oder Verschieben der Schichten übereinander läßt sich unter Umständen die Pseudoisotropie erzwingen oder verbessern[2]. In Kapillarröhren verursacht sie der Achse parallele Interferenzstreifen[3], die sich beim Strömen der Flüssigkeit nicht ändern, was auf Blättchenform der Moleküle hinweist[4]. Durch einseitigen Druck kann die Molekularanordnung gestört werden. Bei intensivem Licht zeigt sich (nach Ch. Mauguin) szintillierende Aggregatpolarisation, die durch die Brownsche Bewegung veranlaßt sein kann, da die Substanz nicht optisch einachsig ist[5].

16. Erzwungene Homöotropie und Transkristallisation.

Bei heftigerer Strömung in regelmäßigen flüssig-kristallinischen Schichten treten Strukturstörungen auf, die sich durch Schlierenbildung kundgeben. Bei zähen flüssigen Kristallen erkennt man, daß sich die Moleküle gewissermaßen wie Möbelrollen verhalten, deren Achsen sich senkrecht zur Verschiebungsrichtung zu stellen suchen[6]. Auf diese Weise können durch Verschieben der begrenzenden Platten übereinander pseudoisotrope Massen entstehen mit zum Glas paralleler Achse (erzwungene Homöotropie).

17. Einfache und doppelte konische Störungen.

Bei pseudoisotropen Schichten entstehen leicht Störungen derart, daß sich die Molekülachsen in konachsialen Kegelflächen mit gemeinschaftlicher Basis anordnen, wobei diese an der Oberfläche liegen kann oder auch die Schnittebene durch die Achse, in

---

[1] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900; Phys. Zeitschr. **11**, 575, 1910; Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22 Taf. II, Fig. 16—20; 1912 Nr. 13 Fig. 21, Taf. II; Fr. Wallerant, Compt. rend. **143**, 555, 1906; P. Gaubert ibid. **145**, 722, 1907; D. Vorländer, Zeitschr. phys. Chem. **61**, 166, 1907; D. Vorländer und H. Hauswaldt, Acta nova Halle 90, 1909.

[2] Ann. d. Phys. **19**, 408, 1906.

[3] Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22, Taf. III, Fig. 17 u. 18.

[4] Stäbchen müßten sich wegen der Abnahme der Geschwindigkeit von der Achse gegen die Wandung so zu drehen suchen, daß sie der Achse parallel werden, die Auslöschung müßte also schief zu letzterer werden, um so mehr je rascher der Strom.

[5] Ann. d. Phys. **2**, 671, 696, 1900; F. Wallerant, Comp. rend. **148**, 1291, 1909.

[6] Ann. d. Phys. **12**, 318, 1903; Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **52**, 387, 1908.

welch letzterem Fall die Störung zu beiden Seiten der Basis auftritt, ebenso wie wenn diese im Innern der Masse liegt[1]. Durch regelmäßige Aneinanderreibung solcher konischer Störungen können schachbrettartige Muster entstehen.

18. Halbisotrope Kristalle mit Perlen und Doppelkegeln.

Während sehr kleine flüssige Kristalle anscheinend nahezu regelmäßige Struktur haben (speziell bei Ammoniumoleat und Lezithin), also im polarisierten Licht bei gekreuzten Nikols vollkommen auslöschen, auch Anfänge zu tetragonalen Skelettbildungen zeigen, ist der Querschnitt größerer flüssiger Kristalle stets kreisförmig, sie sind also pseudo- oder halbisotrop. An den Enden der Hauptachse, sowie an denen der Nebenachsen können die Molekülachsen gegen diese hin konvergieren[2]. Die Auswüchse an den Nebenachsen (Wachstumsäste) erscheinen dann als rundliche Perlen[3]. Meist zeigen große Kristalle überdies Verzierungen durch konische Störungen[4].

19. Knickung und Zwillingsbildung.

Infolge ihrer sehr geringen inneren Reibung können freischwebende flüssige Kristalle beim Herumströmen der Mutterlauge um Hindernisse sich ganz entsprechend den Krümmungen der Stromlinien unter stetiger Änderung der Lage der Auslöschungsrichtungen deformieren, wie wenn sie nur mit Polarisationsfähigkeit ausgestattete Teile der Flüssigkeit wären. Bei weitgehender Krümmung kann aber ein Knick auftreten, derart, daß sich dort die Moleküle in Zwillingsstellung befinden[5]. An sehr kleine flüssige Kristalle wachsen häufig Ästchen in Zwillingsstellung an[6]. Zuweilen bildet sich auch aus einem größeren Kristall durch plötzliches Umkippen eines Teils ein Zwilling,

---

[1] Wied. Ann. **56**, 786, Fig. 20—26, 1895; Ann. d. Phys. **12**, 329, 1903; Flüssige Kristalle 1904, S. 40, Taf. V; Ann. d. Phys. **19**, 408, Fig. 1—12, 1906; Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 338, 1911; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. IV, Fig. 24; Die neue Welt der fl. Krist. 1911, 368.

[2] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 1, Fig. 22; Taf. 2 Fig. 34 u. 35; Taf. 3 Fig. 45, 55 u. 57.

[3] A. a. O. 1911 Nr. 22 Taf. 2 Fig. 4—14; 1912 Nr. 13 Taf. 1 Fig. 8—36.

[4] Ann. d. Phys. **35**, 211, 1911.

[5] Wied. Ann. **56**, 171, 1895.

[6] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 1, Fig. 16, 52, 53.

welcher dann durch weiteres Umkippen dieses Teils wieder ein (kürzerer aber dickerer) einheitlicher Kristall werden kann. Offenbar ist die treibende Kraft die Oberflächenspannung, da hierdurch die Oberfläche, also die Energie, ein Minimum wird[1].

20. Ausbreitung flüssiger Kristalle an Luftblasen.

Beim Zusammentreffen flüssiger Kristalle mit Luftblasen in der Mutterlauge können sie sich an diesen (wegen geringerer Oberflächenspannung) zu pseudoisotropen Schichten ausbreiten, welche sich optisch wie hohle Sphärokristalle verhalten[2]. Zwischen zwei solchen Luftblasen entstehen pseudoisotrope Lamellen.

Auf isotrop-flüssiger unbedeckter Schmelze kann sich beim Abkühlen eine pseudoisotrope Haut mit konischen Störungen bilden, so daß die Oberfläche wie ein Insektenauge fazettiert erscheint[3].

21. Myelinformen und scheinbar lebende Kristalle.

Durch kapillare Ausbreitung flüssiger Kristalle zu pseudoisotropen Schichten auf isotropen Flüssigkeitstropfen können gewissermaßen künstliche Zellen mit flüssig-kristallinischer Wandung entstehen. Bei flüssigen Kristallen mit Gestaltungskraft zeigt sich eine Neigung derselben in zylindrische Schläuche überzugehen, welche dadurch wachsen, daß die neuzukommenden Moleküle zwischen die vorhandenen hineingezogen werden und dieselben auseinanderdrängen. Geschieht das Wachstum ungleichmäßig, so treten Krümmungen und Bewegungen ein, so daß die Gebilde, welche identisch sind mit den von Virchow entdeckten Myelinformen, scheinbar lebendig werden. Sie können sich von selbst teilen oder auch zu komplizierteren Gebilden zusammenfließen und sich plötzlich zu Kugeln zusammenziehen[1].

22. Streifen und Fäden, Kern- und Konvergenzpunkte, Höfe.

Pseudoisotrope Schichten erscheinen häufig zwischen gekreuzten Nikols nicht vollkommen dunkel, sondern durchzogen von

[1] Ann. d. Phys. **19**, 409, Fig. 20, 1906; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. 1, Fig. 16b; Ann. d. Phys. **35**, 210, 1911.

[2] Ann. d. Phys. **12**, 332, 1903; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 9, Fig. 2 u. 3.

[3] Ann. d. Phys. **12**, 333, 1903.

[4] Ann. d. Phys. **19**, 22, 407; **20**, 63, 1906; Die scheinb. lebend. Krist. 1907; Biolog. Zentralbl. **28**, 481, 1908; Die neue Welt d. fl. Krist. 1911, 264.

einem Netzwerk sehr dehnbarer heller Streifen, die beim Drehen auslöschen wie Kristalle[1]. Sie sind aufzufassen als Störungen der Molekularanordnung verursacht durch die Anwesenheit feiner Fäden von Mutterlauge, um welche sich die Moleküle in konzentrischen Kreisen zu gruppieren suchen, soweit sie frei verlaufen, oder in Halbkreisen, soweit sie dem Glase anliegen (halbe Fäden); doch kann auch ein halber Faden frei durch die flüssige Masse laufen, indem die halbkreisförmige Molekularanordnung sich in die normale fortsetzt, falls diese nicht pseudoisotrop, sondern regelmäßig ist. Ein in der Sehrichtung verlaufender Faden erscheint zum »Kernpunkt« verkürzt, einfach als dunkler Punkt, wenn er keine molekulare Störung verursacht, sonst umgeben von rundem grauen Hof, dessen graue Farbe zum Teil durch Lichtbrechung bedingt ist, zum Teil durch Trübung infolge der starken Abweichung der Molekülanordnung von der normalen Raumgitterstruktur[2]. Beim Zusammenfließen flüssiger Kristalle bilden sich ferner solche Fäden, um welche die Molekularanordnung eine hyperbel- oder lemniskatenförmige ist, ebenfalls entweder ringsum oder nur halb. In der Sehrichtung verlaufend erscheinen sie als dunkle Punkte mit viereckigem Hof (Konvergenzpunkte)[3]. Bei Strömungen in der Masse werden an den Enden befestigte Fäden durchgebogen wie wenn sie elastisch wären und das Bestreben hätten, sich zusammenzuziehen (Wirkung der Oberflächenspannung). Unreinigkeiten bleiben daran hängen[4].

23. Symmetrische Kristalltropfen mit Zwillingsebene.

Flüssige Kristalle ohne Gestaltungskraft erscheinen freischwebend als kugelrunde Tropfen, enthalten aber normal immer einen Faden, dessen Gleichgewichtslage die ist, wenn er geradegestreckt

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, Taf. 3, Fig. 5, 1889; Molekularphysik **2**, 221, 1889; Wied. Ann. **56**, 786, 1895; Flüssige Kristalle 1904 Taf. 9 Fig. 6—10; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 3 u. 4, Fig. 72; Phys. Zeitschr. **7**, 578, 1906; **11**, 575, 1910; Ann. d. Phys. **2**, 679, 1900; **39**, 91, 106, 1912; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22, Taf. 6, Fig. 79—84.

[2] Ann. d. Phys. **39**, 91, 1912. Vgl. auch P. P. v. Weimarn, Kolloidzeitschr. **4**, 59, 1909 und A. Coehn, Zeitschr. f. Elektrochem. **15**, 652, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 679, 1900; **39**, 106, 1912.

[4] Ann. d. Phys. **39**, 101, 1912. Vgl. auch H. Deischa, Zeitschr. f. Krist. **50**, 28, 1911.

durch die Mitte des Tropfens geht. Durch eine Ebene (Zwillingsebene) senkrecht zum Faden in dessen Mitte erscheint der Tropfen in zwei Hälften geteilt, in welchen die Molekularanordnung die entgegengesetzte ist, derart, daß man wie bei schraubenartig verdrehten Schichten im polarisierten Licht verschiedenartige Teilung in farbige Felder sieht, entsprechend der unteren und oberen Struktur, je nachdem der Nikol unten oder oben eingeschaltet wird[1]. Voraussetzung ist, daß der flüssig-kristallinische Stoff optisch zweiachsig ist[2].

Bei dünn gepreßten Tropfen konvergieren die Molekülachsen gegen die Enden des Fadens, welcher dann immer den pressenden Glasflächen parallel aber unsichtbar ist[3].

24. Herstellung pseudoisotroper Tropfen durch Magnetismus.

Bei Herstellung eines Magnetfeldes, drehen sich alle Kristalltropfen derart, daß ihre Symmetrieachse (der Faden) die Richtung der Kraftlinien annimmt; ferner drehen sich alle Moleküle im Tropfen derart, daß pseudoisotrope Struktur entsteht, deren optische Achse den Kraftlinien parallel ist, d. h. so, daß sich die Hauptachsen der Moleküle den Kraftlinien parallel richten, während die Orientierung der Nebenachsen eine regellose wird; und dies um so vollkommener, je weiter die Moleküle von der Symmetrieachse entfernt sind. Bei starkem Magnetfeld wird der Faden aus der Mitte verdrängt und an der Oberfläche des Tropfens ausgestoßen, so daß dieser nun eine vollkommen pseudoisotrope Masse ist. Beim Verschwinden des Magnetismus kehrt der Faden zurück, die Struktur wird die gleiche wie zuvor[4]. Auch ausgedehnte relativ dicke flüssig-kristallinische Schichten können durch Magnetismus ihre Trübung verlieren[5].

---

[1] Wied. Ann. **40**, 409, 1890; Ann. d. Phys. **2**, 664, 1900; Flüssige Kristalle 1904, S. 61; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22, S. 30, Taf. 6, Fig. 49—62.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 671, 696, 1900; F. Wallerant, Compt. rend. **148**, 1291, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 673, 1900; Flüssige Kristalle 1904 Taf. 11—14.

[4] Ann. d. Phys. **2**, 675, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 35—38; Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 5. u. 6.

[5] Siehe E. Bose, Phys. Zeitschr. **10**, 241, 1909; **12**, 60, 1911; G. Vieth, ibid. **12**, 546, 1911; Ch. Mauguin, Compt. rend. **152**, 1680, 1911; H. v. Wartenberg, Phys. Zeitschr. **12**, 837, 1230, 1911.

25. Flüssige Misch- und Schichtkristalle.

Bildung isomorpher und anomaler Mischungen ist bei flüssigen Kristallen auch durch Diffusion möglich, ganz wie sich amorphe Flüssigkeiten durch Diffusion mischen können; so entstehen geschichtete Mischkristalle, d. h. völlig inhomogene Molekularanordnungen. Zwei flüssig-kristallinische Modifikationen desselben Stoffes mischen sich höchstens in beschränktem Verhältnis, wobei sie in der Mischung in homogenem Gleichgewicht sind, so daß Zufügung oder Entziehung des einen Bestandteils das Mischungsverhältnis nicht ändert, welches nur durch Temperatur, Druck und fremde Beimischungen (vielleicht auch Magnetismus) bestimmt ist[1]. Die Identitätstheorie der Aggregatzustände vermag diese Erscheinungen nicht zu erklären, ist also unrichtig[2].

26. Künstliche Färbung und inneres Schmelzen.

Regelmäßige Orientierung bei der Umwandlung fester oder flüssiger Kristalle in flüssige und umgekehrt, sowie Bildung von Schichtkristallen entsprechen den gleichen Erscheinungen bei festen Kristallen[3]. Ebenso die künstliche dichroitische Färbung, die wie bei festen Kristallen nur schwach und selten möglich ist[4]. In manchen Fällen wird durch fremden Zusatz die Doppelbrechung vermindert[5], in anderen Fällen die Neigung zur Bildung pseudoisotroper Struktur erhöht[6]. Immer findet natürlich eine Änderung der Schmelz- oder Umwandlungstemperatur statt[7]. Infolge eines schwachen Gehalts an Lösungsmittel oder isotroper flüssiger Modifikation kann Lösung im Innern oder Schmelzen im Innern eintreten, indem sich dort ellipsoidische Tröpfchen von

[1] Wied. Ann. **41**, 525, 1890; Ann. d. Phys. **16**, 160, 1905. Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 750, 1906; Die scheinbar lebenden Krist. S. 48.

[2] W. Nernst, Theoret. Chem. 7. Aufl. 1913 S. 667, nimmt Assoziation an, verzichtet also selbst auf die Identitätstheorie.

[3] Ann. d. Phys. **19**, 410, 1906; Die neue Welt d. flüssigen Krist. S. 204, 1911.

[4] Ann. d. Phys. **8**, 910, 1902; Flüssige Kristalle 1904, S. 43.

[5] Ann. d. Phys. **8**, 908, 1902.

[6] Ann. d. Phys. **16**, 161, 1905; **19**, 411, 1906; Die scheinb. leb. Krist. S. 52, 1911.

[7] Ann. d. Phys. **8**, 908, 1902. Siehe auch R. Schenck, Kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle, Leipzig 1905.

Lösung oder isotroper Schmelze beim Erwärmen bilden, deren Orientierung durch die Molekularstruktur an der betreffenden Stelle bedingt ist[1].

27. Schraubenstruktur erzeugt durch Beimischungen.

Durch geeignete fremde Beimischungen kann die Lage des Fadens im Tropfen verändert werden, derart, daß er sich dehnt und U-förmig zusammengekrümmt oder außerdem um die Achse des U verdrillt[2], was sich durch unsymmetrische Verteilung der Schlieren kundgibt, sowie durch Drehung der Polarisationsebene und der Richtung stärkster Absorption[3]. Bei Benutzung einer Linse als Deckglas sieht man deshalb konzentrische helle und dunkle Zonen, die sich bei Drehung des Analysators ändern[4].

Bei sehr dünnen Präparaten erreichen infolge der Drehung der Polarisationsebene die dunklen Streifen nicht immer dann die größte Schwärze, wenn die Nikols gekreuzt, sondern wenn sie der Dicke des Präparats entsprechend verdreht, z. B. parallel sind.

28. Einwirkung des Magnetismus auf verdrehte Tropfen.

Auch dicke Tropfen mit verdrehter Struktur können durch ein Magnetfeld pseudoisotrop werden. Die Ringschliere am Rande zieht sich mit steigender Feldstärke zusammen und verschwindet im Kernpunkt[5].

Bei ausgedehnten Schichten ordnen sich Kern- und Konvergenzpunkte zu Ketten[6], welche je zwei pseudoisotrop gewordene Felder trennen.

29. Rotation der Tropfen und deren Beeinflussung.

Tropfen mit verdrehter Struktur, deren Symmetrieachse horizontal liegt (II. Hauptlage), zeigen gleichmäßige Rotation in gleichem Sinne, wenn eine Temperaturdifferenz zwischen Unter- und Oberseite besteht[7], wahrscheinlich infolge der durch Oberflächenspannungsdifferenz erzeugten Kontaktbewegung und der durch

[1] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 1, Fig. 3; Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911, Nr. 22 Taf. 4, Fig. 34; Ann. d. Phys. **35**, 214, Fig. 28, 1911.

[2] Physik. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911.

[3] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 14—17; Ann. d. Phys. **39**, 105, 1912.

[4] Ann. d. Phys. **18**, 808, 1905; Heidelb. Ber. 1912, Nr. 13 Taf. 3, Fig. 64.

[5] Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 5. u. 6.

[6] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 36 u. 37.

[7] Ann. d. Phys. **2**, 649, 1900.

die Struktur bedingten Anisotropie der Reibung. Wird durch ein Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht laufen, die Struktur pseudoisotrop gemacht, so hört die Rotation sofort auf.

30. Wirbelbewegung in Kristalltropfen und an Blasen.

Da die Kristalltropfen bei senkrechter Symmetrieachse (in I. Hauptlage) durch die Zwillingsebene in entgegengesetzt gebaute Hälften geteilt sind, findet infolge der Kontaktbewegung, welche abwechselnd die untere und wieder die obere Hälfte nach oben bringt, ein beständiger Wechsel der infolge des Dichroismus auftretenden Quadranten statt[1]. Ähnlich wechseln die weißen und gelben Felder (bei Paraazoxyphenetol) bei ausgedehnteren Schichten in der Nähe von Luftblasen. Dort befindliche Fäden biegen sich zu geschlossenen Ringen zusammen oder wickeln sich, falls gleichzeitig Rotation hinzukommt, zu Spiralen.

31. Grenzlinien, erzeugt durch Temperaturdifferenz.

Bei ausgedehnteren, aus vielen Individuen bestehenden Schichten äußert sich das Rotationsbestreben durch das Auftreten von die Individuen trennenden Grenzlinien auf Unter- und Oberseite, welche die Kernpunkte angeben und sich in den Kernpunkten scheinbar schneiden, in Wirklichkeit deren viereckigen Hof berühren[2]. Zuweilen fehlt die obere oder die untere Grenzlinie, auch sind sie nicht immer parallel. Jedenfalls sind sie nicht die Ränder von Membranen, denn hindurchschwimmende Partikelchen werden nicht aufgehalten.

32. Einfluß der Magnetisierung auf die Grenzlinien.

Bei Erregung eines Magnetfeldes, dessen Kraftlinien senkrecht verlaufen, zieht sich die Schattierung (z. T. Trübung infolge nicht paralleler Lage der Moleküle) aus den Höfen der Kern- und Konvergenzpunkte gegen die Grenzlinien hin, bis schließlich alles pseudoisotrop geworden ist und die Grenzlinien als mit Mutterlauge gefüllte Furchen erscheinen, die das Bestreben haben, sich zu verkürzen und an den Rand zu wandern, wo sie verschwinden[3].

---

[1] Ann. d. Phys. **39**, 99, 1912.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 682, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 17, 18, 19; Ann. d. Phys. **39**, 105, 1912.

[3] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 6.

33. Kristalltropfen mit starker Verdrehung, (Schichttropfen).

Bei großem Kolophoniumzusatz (oder sonstiger Fremdkörper) kann die Verdrehung der Symmetrieachse der Kristalltropfen eine so beträchtliche werden, daß die Tropfen eine feine Schraffierung zeigen, wie wenn sie Lamellenstruktur hätten (Schichttropfen) und zwar ist in I. Hauptlage, d. h. wenn die beiden Enden der Symmetrieachse in der Mitte erscheinen, die Schraffierung eine ringförmige oder spiralige, in der um 90° verdrehten Lage (II. Hauptlage) eine bogenförmige, mit dem Halbierungspunkt der Strecke zwischen den Enden der Symmetrieachse als Mittelpunkt, oder eine geradlinige; ersteres speziell bei großen freischwebenden, letzteres bei dünnen gepreßten Tropfen [1]. Die scheinbaren Lamellen können so fein werden, daß sie selbst bei tausendfacher Vergrößerung kaum mehr zu erkennen sind. Durch Zusammenfließen können schraffierte Zwillinge und Drillinge entstehen.

Bei längerem Erhitzen rücken die Streifen, welche die Schraffierung bedingen (vermutlich infolge von chemischer Änderung), weiter auseinander und werden schließlich Streifen von Mutterlauge, welche pseudoisotrope Felder voneinander trennen [2].

34. Ellipsoidische Mischkristalle und Zwillinge derselben.

Durch Mischung von flüssigen Kristallen ohne und mit Gestaltungskraft können schraffierte ellipsoidische oder zylindrische Mischkristalltropfen entstehen, die häufig zu winkelförmigen Zwillingen oder sternförmigen Drillingen vereinigt sind, deren Schraffierung an der Zwillingsgrenze Richtungswechsel zeigt [3].

35. Heterotropie und Schwebungen der Homöotropie.

Durch Mischung zweier flüssiger Kristallarten können pseudoisotrope Schichten mit Lamellenstruktur ohne scharfe Abgrenzung der Lamellen erhalten werden [1], weil die Heterotropie (das Selbst-

[1] Ann. d. Phys. **2**, 687, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 30—34. Phys. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911; Arch. sc. phys. nat. Genève **32**, 9 u. 19, 1911; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. 7 u. 8.

[2] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 28—30.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900.

[1] Phys. Zeitsch. **11**, 583, 1910; Die neue Welt der flüssigen Kristalle, S. 235, 1911.

reinigungsvermögen) auch bei flüssigen Kristallen Ausschluß fremdartiger Moleküle anstrebt, wenn auch nicht völlige Scheidung wie bei regelmäßiger Verwachsung (Bildung wahrer Schichtkristalle) eintritt[1].

36. Schillerfarben, Spektren und Zirkularpolarisation.

Durch Mischung zweier flüssig-kristallinischer Modifikationen derselben Substanz können pseudoisotrope Schichten mit feiner Lamellenstruktur und Schillerfarben entstehen. Dieselben zeigen zwischen gekreuzten Nikols die gleichen Farben wie im reflektierten Licht. Im durchgehenden Licht sind die Farben komplementär und nur blaß[2].

37. Die Natur der molekularen Richtkraft.

Die Moleküle der flüssigen Kristalle verhalten sich im wesentlichen wie astatische Magnetsysteme[3]. Ob sich aber aus dieser einfachen Hypothese die Gesamtheit der Erscheinungen quantitativ ableiten lassen wird, erscheint fraglich. Nächste Aufgabe wäre die Berechnung des mechanischen Verhaltens solcher Systeme kreisender Elektronen. Welche Schwierigkeiten dabei in Betracht kommen, habe ich in zwei früheren Vorträgen[4] dargelegt.

38. Anwendungen in Technik und Biologie.

Infolge der erzwungenen Homöotropie ändert sich durch Deformation die innere Reibung, also der Widerstand gegen das Eindringen von Werkzeugen usw.[5]

Die Kristallisationskraft vermag anscheinend chemische Energie direkt in mechanische umzuwandeln ähnlich der Muskelkraft, was auf eine Verwandtschaft des Wesens beider Kräfte schließen läßt.[6]

---

[1] Ann. d. Phys. **2**, 686, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 37 Fig. 7. u. 8.

[2] Phys. Zeitschr. **11**, 575, 1910; ferner W. Voigt, Verh. d. D. phys. Ges. **14**, 649, 1912.

[3] Molekularphysik **2**, 376, 1889; Phys. Zeitschr. **10**, 553, 1909; **13**, 550 Anm. 4, 1912.

[4] Das Relativitätsprinzip, diese Verh. **23**, 51, 1910 und Energiequanten u. Magnetonen, diese Verh. **24**, 273, 1912. Vergl. auch M. Abraham, Arch. Math. Phys. (3) **20**, 193, 1912; G. Jaumann, Wien. Ber. **121**, 95, 1912; Rektoratsrede Brünn 1912; E. Madelung, Phys. Zeitschr. **13**, 489, 1912; R. Gans, Weberfestschr. 1912, 75; G. Mie, Ann. d. Phys. **40**, 1, 1913.

[5] Technologie: Die neue Welt d. fl. Krist. 192 u. ff.

[6] Biologie: ibid. 276—337.

Diese kurze Zusammenstellung der wichtigsten Punkte der Lehre von den flüssigen Kristallen dürfte erkennen lassen, daß es sich dabei keineswegs, wie Hr. Nernst (a. a. O.) behauptet, um mißverständliche Deutung einer vereinzelten Beobachtung handelt, die für allgemeine Probleme überhaupt nicht in Betracht kommt, sowie daß sie in keinem direkten ursächlichen Zusammenhang steht mit der zufälligen Beobachtung des Hrn. Reinitzer, daß Cholesterylbenzoat eine trübe Schmelze liefert, was naturgemäß zunächst mit der Trübung wasserhaltiger Salze beim Erwärmen infolge Dissoziation, Bildung von Emulsionen durch Erwärmen bei Flüssigkeitsgemischen, deren Löslichkeit mit steigender Temperatur abnimmt usw., in Analogie gebracht wurde, bis schließlich die Lehre von den flüssigen Kristallen die richtige Erklärung brachte; daß vielmehr die neue Lehre wurzelt in älteren langjährigen Studien über die Bildung und das Verhalten der Kristalle mittels meines Kristallisationsmikroskops, wie sie in dem Buche Molekularphysik näher dargelegt sind [1].

Man wird bei sorgfältiger Prüfung auch erkennen, daß die meisten besprochenen Punkte einer quantitativen Durcharbeitung fähig sind, sowohl in experimenteller wie in theoretischer Hinsicht. Diese wird nicht ausbleiben, sobald einmal die vorläufigen orientierenden Arbeiten qualitativer Natur, denen zunächst größere Wichtigkeit zukommt — denn durch diese, nicht durch quantitative Arbeiten ist das neue Gebiet erschlossen worden — soweit zum Abschluß gebracht sind, daß eine sichere Basis für Berechnungen gegeben ist. Wiederholt habe ich betont, daß Vorausberechnung der Erscheinungen die eigentliche Aufgabe der Physik ist. Hr. Nernst befindet sich durchaus im Irrtum, wenn er annimmt, der Wert solcher Berechnungen werde von mir nicht gewürdigt. Ich halte nur solche Rechnungen für wertlos, die von irrigen Voraussetzungen ausgehen, und eine solche ist meinen Versuchen zufolge die Identitätstheorie, auch wenn sie durch Avogadrosche Regel und Thermodynamik verschleiert erscheint.

Karlsruhe, 6. Febr. 1913.

[1] Siehe auch Ann. d. Phys. **25**, 852; **27**, 1044, 1908; Ber. d. D. chem. Ges. **41**, 3774, 1908; Mitt. d. Frankf. phys. Ver. 1908, 68; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911.

Die neueren Vorstellungen von der Struktur der Atome[1].

Von **K. Fajans.**

Der Frage nach der Struktur der Atome liegt die Überzeugung zugrunde, daß die 100 bekannten chemischen Elemente nicht die letzten Einheiten sind, aus denen sich die materielle Welt aufbaut. Diese Überzeugung und mit ihr auch das Suchen nach einer ihnen allen zugrunde liegenden Urmaterie ist beinahe so alt, wie die wissenschaftliche Atomistik überhaupt: bekanntlich hat Prout schon im Jahre 1815 in dem leichtesten der bekannten Atome, dem des Wasserstoffs, ein solches Uratom gefunden zu haben geglaubt. Nachdem aber genaue Atomgewichtsbestimmungen gezeigt haben, daß die Atomgewichte anderer Elemente nicht ganze Multipla des Atomgewichts vom Wasserstoff sind, was ja die Proutsche Hypothese verlangte, mußte man den Versuch des Aufbaues der gesamten Materie aus einem der bekannten chemischen Elemente aufgeben. Wenn vielleicht dieser erste Mißerfolg geeignet wäre, den Glauben an der Richtigkeit der Grundidee zu zerstören, so hat die Aufstellung des periodischen Systems der Elemente deutlich genug gezeigt, daß doch die 100 chemischen Elemente nicht zusammenhanglos dastehen. Es hat denn auch an Versuchen nicht gefehlt, den offenbar bestehenden Zusammenhang aufzudecken, aber erst die in neuester Zeit errungenen Aufschlüsse über das Wesen der Elektrizität waren der Anfang einer siegreichen Epoche der Ergründung des Atombaues.

Die hier einsetzende Entwickelung geht auf Helmholtz zurück, der in seiner berühmten Faraday-Lektüre im Jahre 1881 wohl zum ersten Male den Gedanken ausgesprochen hat, daß wenn

[1] Habilitationsvortrag, gehalten am 17. Dezember 1912 an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

die Materie atomistisch gebaut ist, es auch die Elektrizität sein muß. Er zog diesen Schluß aus dem Faradayschen Gesetz, das bekanntlich besagt, daß bei der Elektrolyse für die Ausscheidung eines Grammatoms einwertiger Elemente immer dieselbe Elektrizitätsmenge, nämlich 96540 Coulomb = 9654 E.M.E.[1] nötig ist, während für die Abscheidung eines Grammatoms mehrwertiger Elemente ganze Vielfache derselben Zahl gehören. Im Sinne der modernen Ionentheorie der Lösungen bedeutet das, daß alle einwertigen Atome in Lösung als Ionen dieselbe Elektrizitätsmenge tragen, die auch zugleich die kleinste in Lösung vorkommenden elektrische Ladung vorstellt, während an mehrwertige ein ganzes Multiplum dieser kleinsten Ladung gebunden ist. Die einfachste Deutung dieser Tatsachen besteht offenbar in der Annahme, daß diese kleinste Elektrizitätsmenge die Grenze der Teilbarkeit der Elektrizität vorstellt. Ihr absoluter Wert ergibt sich wenn man 9654 E.M.E. der Elektrizitätsmenge durch die Zahl der Atome in einem Grammatom dividiert. Letztere Zahl ist aber heute auf ganz verschiedene und unabhängige Weisen genau bestimmt worden und ihr wahrscheinlichster Wert ist $6.06 \cdot 10^{23}$, woraus sich die kleinste in Lösungen vorkommende Elektrizitätsmenge zu $1.59 \cdot 10^{-20}$ E.M.E., oder mit $3 \cdot 10^{10}$ multipliziert zu $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. ergibt.

Dieser Schluß ist allerdings ein sehr indirekter und er würde wohl nicht die gewaltige Bedeutung erlangen, die er in dem heutigen physikalischen Denken besitzt, wenn nicht durch die Forschungen der neuesten Zeit seine vollkommene Richtigkeit gezeigt worden wäre. Man kennt heute mehrere Erscheinungen, bei denen Ladungen von der Größenordnung des soeben angegebenen Wertes an gesonderten materiellen Teilchen auftreten, und die genaue Messung dieser Ladungen hat niemals[2], von unvermeidlichen Versuchsfehlern abgesehen, einen Wert ergeben, der kleiner wäre, als $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. und in den Fällen, wo die Ladung einen größeren Wert hatte, war es ein ganzes Vielfaches

[1] Die elektromagnetische Einheit (E.M.E.) der Elektrizitätsmenge ist gleich 10 Coulomb oder 3×10^{10} elektrostatische Einheiten (E.S.E.).

[2] F. Ehrenhaft, Physik. Zeitschr. 12, 94 (1911) glaubte an Silberteilchen kleinere Ladungen als die angegebenen beobachtet zu haben. Es stellte sich aber heraus, vgl. E. Weiss, Wien. Ber. 120, 1021 (1911), daß das seinen Rechnungen zugrunde liegende Stockes'sche Gesetz für die von ihm benutzten sehr kleine Teilchen keine Gültigkeit mehr besitzt, wodurch seine Schlüsse illusorisch werden.

dieser kleinsten Ladung. Das gilt sowohl für positive wie für negative Ladungen. Zwei Beispiele mögen zur Erläuterung dienen. Läßt man die positiv geladenen α-Strahlen radioaktiver Substanzen auf einen Zinksulfidschirm fallen, so beobachtet man auf diesem durch das Mikroskop räumlich und zeitlich getrennte Lichtblitze. E. Regener[1], und E. Rutherford und H. Geiger[2] bestimmten einerseits die Zahl solcher Lichtblitze oder Szintillationen, die in bestimmter Zeit von einem radioaktiven Präparat kommen, andererseits maßen sie die gesamte Ladung, die von den sie hervorrufenden Strahlen getragen wird und konnten so zeigen, daß auf einen Lichtblitz eine positive Ladung von 9.58 (Regener) bzw. $9.30 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. (Rutherford und Geiger) kommt, was innerhalb der Versuchsfehler gerade doppelt so viel ist, als die vorher angegebene Ladung eines einwertigen Ions.

Millikan[3] bestimmte auf folgende Weise die Ladung von sehr kleinen Öltröpfchen. Die Ladung dieser Tröpfchen stammte von der Anlagerung von Ionen, die in dem Gas, in dem das Tröpfchen schwebte, durch Röntgenstrahlen oder Radiumstrahlen erzeugt wurden. Beobachtet wurde durch ein Fernrohr einerseits die Fallgeschwindigkeit des Tröpfchens unter dem Einfluß der Schwerkraft und andererseits die Fall- oder Hebegeschwindigkeit desselben Tröpfchens, wenn zu der Schwerkraft die Wirkung eines elektrischen Feldes hinzukam. Durch Vergleich dieser Geschwindigkeiten konnte man die auf das Tröpfchen wirkende elektrische Kraft bestimmen und daraus unter Berücksichtigung der angewandten Feldstärke die Ladung des Tröpfchens. Diese erwies sich innerhalb der sehr kleinen Versuchsfehler immer gleich einem ganzen, meistens kleinen Vielfachen des Wertes $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. Die Ladung eines solchen Tröpfchens blieb aber nicht konstant, sondern änderte sich von Zeit zu Zeit, was man aus der plötzlichen Änderung der Fallgeschwindigkeit im elektrischen Felde schließen konnte. Diese Änderungen der Ladung, die man durch Anlagerung neuer Ionen erklären konnte, waren immer sprunghaft, und die genauen Messungen ergaben, daß sie in einer

[1] Verh. d. D. Physik. Ges. **10**, 78 (1908), Verh. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. **38**, 948 (1909).

[2] Proc. Roy. Soc. A. **81**, 141 (1908).

[3] Physik. Zeitschr. 11, 1097 (1910).

Verkleinerung oder Vergrößerung der Ladung gerade um $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. oder ganze Vielfache dieser Zahl bestanden. Diese direkt bestimmte sprunghafte Änderung der Ladung ist wohl der schönste und direkteste Beweis dafür, daß die elektrische Ladung nicht unbegrenzt teilbar ist und daß eben der mehrmals angegebene Wert die Grenze der Teilbarkeit darstellt. Man nennt ihn deshalb das elektrische Elementarquantum[1].

Außer dem absoluten Werte der elementaren Ladung spielt für unser Problem noch eine andere Größe eine fundamentale Rolle. Es ist dies das Verhältnis der Ladung zur Masse, oder die sogenannte spezifische Ladung, die man bei den verschiedenen diskreten Teilchen antrifft. Wenn wir die Wasserstoffionen in Elektrolyten nehmen, so wissen wir, daß mit 1 g Wasserstoff 9654 E.M.E. der Elektrizitätsmenge verbunden sind, das Verhältnis der Ladung zur Masse im absoluten Maßsystem ist also 9654 oder rund 10^4. Für alle anderen Ionen ist dieses Verhältnis natürlich kleiner, weil ja ihre Masse größer ist. Für solche geladene Teilchen, wie sie z. B. in den α-Strahlen vorliegen, die mit großer Geschwindigkeit aus den zerfallenden Atomen radioaktiver Substanzen ausgeschleudert werden und somit einen elektrischen Strom vorstellen, kann man das Verhältnis der Ladung (e) zur Masse (m) und gleichzeitig auch die Geschwindigkeit (v) bestimmen, wenn man deren Ablenkung, die sie Dank ihrer Ladung durch ein magnetisches und elektrisches Feld erleiden, mißt. Man bekommt nämlich aus dem Wert der magnetischen Ablenknng den Wert von $\frac{mv}{e}$, während die elektrische Ablenkung $\frac{mv^2}{e}$ liefert, woraus m und e einzeln zwar nicht bestimmbar sind, wohl aber deren Verhältnis. Auf diese Weise fand man z. B. für die α-Strahlen für $\frac{e}{m}$ den Wert $5 \cdot 10^3$ E.M.E. der zweimal kleiner ist, als der für das Wasserstoffion. Nun ist e der α-Teilchen, wie oben erwähnt wurde, gleich der doppelten Ladung des Wasserstoffions, die Masse des α-Teilchens muß also viermal so groß sein wie die des Wasserstoffatoms. Vier ist aber gerade das Atomgewicht des Heliums und Rutherford konnte in der Tat den zunächst auf diese Weise

[1] Der von Millikan auf diese Weise ermittelte Wert des elektrischen Elementarquantums ist nach ihm auf 1 pro mill genau. Die eingangs zu $6.06 \cdot 10^{23}$ angegebene Zahl N der Moleküle im Grammolekül ist aus diesem Wert aus der Beziehung $Ne = 96540$ Coulomb abgeleitet.

gezogenen Schluß, daß die α-Teilchen Heliumatome sind, auch direkt spektroskopisch bestätigen.

Nach derselben Methode der elektrischen und magnetischen Ablenkung untersuchte man auch die Kathodenstrahlen, die bei elektrischen Entladungen in sehr verdünnten Gasen sich von der Kathode geradlinig ausbreiten und bekanntlich bei ihrem Auftreffen auf die gegenüber liegende Glaswand die Röntgenstrahlen erzeugen. Sie tragen negative Elektrizität mit sich und es zeigte sich, daß bei ihnen das Verhältnis der Ladung zur Masse ungefähr 1800 mal so groß ist (nämlich für sehr langsame Kathodenstrahlen $1.77 \cdot 10^7$ E.M.E.), wie das beim Wasserstoffion. Zwei extreme Deutungen waren da möglich: es könnte die Masse des Kathodenstrahlteilchens von der Größenordnung der Masse des Wasserstoffatoms sein, dann muß seine negative Ladung bedeutend größer als die Elementarladung sein; oder wenn man die Ladung gleich der Elementarladung setzt, so muß man annehmen, daß die Masse eines Kathodenstrahlteilchens 1800 mal kleiner ist als die des leichtesten bekannten Atoms, nämlich des Wasserstoffatoms. Die direkteste Entscheidung dieser Frage würde man in derselben Weise erhalten wie z. B. im Falle der α-Teilchen, wenn man durch Zählung einzelner Kathodenstrahlenteilchen und Bestimmung ihrer Gesamtladung die Ladung eines Teilchens messen könnte. Es ist aber erst vor ganz kurzem E. Regener[1] gelungen eine Anordnung zu ersinnen, die die Zählung einzelner Kathodenstrahlenteilchen erlaubt und eine entsprechende Untersuchung ist erst im Gange. Es unterliegt aber gar keinem Zweifel, was das Resultat dieser Untersuchung sein wird: wir besitzen sehr viele Gründe — und einige werden sich aus dem folgenden von selbst ergeben — für die Annahme, daß die negative Ladung des Kathodenstrahlteilchens gleich der des Elementarquantums ist und daß also seine Masse bedeutend kleiner als die des Wasserstoffatoms sein muß. Durch diese Auffassung der Kathodenstrahlen wurde die Physik der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts vor ein Problem von eminenter Wichtigkeit gestellt. Was ist das für ein Teilchen, dessen Masse 1800 mal kleiner ist als die des Wasserstoffatoms? Handelt es sich hier vielleicht um ein neues Element mit einem so kleinen Atomgewicht. Das Atom dieses Elementes würde in

[1] Verh. d. Deutschen Physik. Gesellsch. 14, 400 (1912).

dem Kathodenstrahlteilchen negativ geladen sein und um seine Natur zu erkennen wollen wir fragen, was denn von einem solchen Kathodenstrahlteilchen zurückbleiben würde, wenn es gelingen würde, ihm seine Ladung wegzunehmen.

Für die Beantwortung dieser Frage muß man aber berücksichtigen, daß ein elektrisch geladenes Teilchen sich so verhält, als ob seine Masse größer wäre als die Masse desselben Teilchens in ungeladenem Zustande[1]. Wenn wir hervorheben, daß man unter Masse eines Teilchens hier nichts anderes zu verstehen hat als das Verhältnis der Kraft zur Beschleunigung, die diese dem Teilchen erteilt, so wird diese auf den ersten Blick vielleicht befremdende Tatsache leicht faßlich. Denn ein bewegtes geladenes Teilchen stellt einen elektrischen Strom dar, der in der Umgebung ein magnetisches Feld erzeugt, in dem ja Energie enthalten ist. Es gehört deshalb beim geladenen Teilchen eine größere Kraft dazu um denselben Geschwindigkeitszuwachs hervorzurufen, als beim ungeladenen, da ja beim ersteren auch die magnetische Energie auf Kosten der Arbeitsleistung der Kraft entstehen muß. Eine genaue Rechnung zeigt nun[2], daß für ein mit der Geschwindigkeit v im Vacuum bewegtes als Kugel vom Radius a gedachtes geladenes Teilchen diese Energie des äußeren magnetischen Feldes $\frac{1}{3}\frac{e^2}{a}v^2$ beträgt, wo e die Ladung des Teilchens bedeutet. Da die kinetische Energie des ungeladenen Teilchens $\frac{1}{2}mv^2$ ist, ist die Gesamtenergie des bewegten geladenen Teilchens $\frac{1}{2}\left(m+\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}\right)v^2$. Dieser Ausdruck hat aber die Form der kinetischen Energie eines Teilchens, dessen Masse $m+\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$ ist. Die Ladung e hat also dieselbe Wirkung wie eine Vergrößerung der Masse des Teilchens um $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$.

Diese Masse ist also elektromagnetischen Ursprunges und man nennt sie zur Unterscheidung von der gew. mechanischen Masse — scheinbare Masse.

Wenn wir nun zum Kathodenstrahlteilchen zurückkehren, so können wir zunächst nichts darüber aussagen, ob seine elektrische Ladung einen großen Einfluß auf seine Masse hat, denn wir wissen einstweilen noch nichts von seinem Radius a.

[1] Vergl. J. J. Thomson, Elektrizität und Materie.
[2] Vergl. E. Riecke, Lehrbuch der Physik. II. Bd. S. 381 (1912).

Man fand einen Weg zur Lösung dieser Frage erst, als Kaufmann nachgewiesen hat, daß das Verhältnis der Ladung zur Masse der Kathodenstrahlteilchen von der Geschwindigkeit der Teilchen abhängt. Unter der Annahme, daß von den in Betracht kommenden zwei Größen die Ladung unverändert bleibt und nur die Masse veränderlich ist, konnte man aus den Kaufmann'schen Versuchen schließen, daß die Masse der Teilchen mit steigender Geschwindigkeit wächst. Merklich wird diese Änderung der Masse zwar erst, wenn die Geschwindigkeit der Teilchen sehr groß wird, nämlich nahe der der Lichtgeschwindigkeit und Kaufmann machte seine Versuche nicht an Kathodenstrahlenteilchen, wie man sie in Entladungsröhren bekommt, sondern an den Strahlen, die aus den zerfallenden Atomen radioaktiver Substanzen ausgeschleudert werden, den sogenannten β-Strahlen, die sich sonst nur durch ihre viel größere Geschwindigkeit von gewöhnlichen Kathodenstrahlenteilchen unterscheiden. Dieses Resultat war ganz neuartig, man begegnete nie vorher Massen, die mit der Geschwindigkeit veränderlich waren. Eine theoretische Betrachtung zeigt aber, daß für diejenige Masse, die von einer elektrischen Ladung abhängt und die für sehr kleine Geschwindigkeiten, wie wir oben sahen, den Wert $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$ besitzt, ein Wachsen mit der Geschwindigkeit zu erwarten ist[1]. Nimmt man also an, daß Massen nicht elektrischen Ursprungs von der Geschwindigkeit unabhängig sind und findet man für Kathodenstrahlen, daß ihre Masse eine solche Änderung aufweist, so muß geschlossen werden, daß ein merklicher Teil dieser Masse von der Ladung der Teilchen kommt. Nun konnte man auf Grund mancher Annahmen sogar quantitativ angeben, wie stark die von der Ladung herrührende Masse sich mit der Geschwindigkeit ändern muß. Und ein Vergleich mit den Resultaten von Kaufmann zeigte, daß die Masse der β-Teilchen sehr angenähert in demselben Maße mit der Geschwindigkeit steigt, wie diese Berechnung nur für den von der Ladung herrührenden Teil ergab. Man schloß daraus, daß überhaupt die ganze Masse des Kathodenstrahlteilchens von seiner Ladung herrührt, denn würde es auch noch neben dieser elektromagnetischen Masse eine mit der Geschwindigkeit unveränderliche Masse besitzen, so müßte die Gesamtmasse weniger

[1] Vergl. J. J. Thomson l. c.

stark mit der Geschwindigkeit steigen als die erwähnte Berechnung ergab. Wenn aber die ganze Masse des Kathodenstrahlteilchens von seiner Ladung herrührt, so bleibt von ihm nichts übrig, wenn wir ihm die Ladung wegnehmen. Wir haben also in diesem Teilchen nicht ein geladenes Atom eines sehr leichten Elementes vor uns, sondern die Ladung selbst, ein Atom der freien negativen Elektrizität. Man nannte deshalb dieses Teilchen Elektron.

Ist nun aber die ganze Masse des Elektrons nur seiner Ladung zu verdanken, so können wir aus der Formel für diese elektromagnetische Masse $m = \frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$, da wir ja sowohl die Masse als die Ladung e kennen, den Radius a berechnen und finden so für diesen den Wert $a = \frac{2}{3}\frac{e}{m} \cdot e = 1.9 \cdot 10^{-13}$ cm, während der Radius der gew. Atome von der Größenordnung 10^{-8} cm ist.

Eins muß aber noch hervorgehoben werden. Der Schluß, daß die Masse der Elektronen nur elektromagnetischen Ursprungs ist, ruhte auf der Annahme, daß nur solche elektromagnetische Masse von der Geschwindigkeit abhängig ist. Indessen lehrt das neuerdings das physikalische Denken beherrschende Relativitätsprinzip, daß jede Masse, ganz unabhängig davon, welchen Ursprungs sie auch sei, mit steigender Geschwindigkeit wächst und dabei sehr angenähert in dem Maße, wie man es unabhängig von dem Relativitätsprinzip für die elektrische Masse berechnet und für die Masse der Elektronen gefunden hat. Dies macht allerdings den obigen Schluß illusorisch. Die Auffassung, daß die Elektronen freie Elektrizität darstellen, hat aber soviele Vorzüge vor der Annahme, daß an ihnen noch eine Masse anderen Ursprungs haftet, daß es ganz unzweckmäßig wäre, an dieser vor der Aufstellung des Relativitätsprinzips aufgestellte Meinung etwas zu ändern. Andererseits erhält die Forderung des Relativitätsprinzips, daß jede materielle Masse mit der Geschwindigkeit veränderlich sein muß, eine anschauliche Deutung durch die weiter noch zu begründende Auffassung, daß wahrscheinlich jede materielle Masse elektrischen Ursprungs ist.

In den Kathodenstrahlen lernte man somit zum erstenmale Atome freier Elektrizität kennen, mit einer Masse, die 1800 mal kleiner ist als die des Wasserstoffatoms, und von einem Radius von der Größenordnung 10^{-13} cm, also 100000 mal kleiner als

die eines gew. Atoms. Es eröffnete sich dadurch die Möglichkeit, daß vielleicht diese so kleinen Teilchen die Urmaterie sind, aus denen sich alle anderen Elemente aufbauen und daß vielleicht jede Masse wie die der Elektronen nur elektromagnetischen Ursprungs sei. Und die weitere Entwicklung zeigte, daß dies wohl in der Tat der Fall ist.

In dieser Entwicklung hat das Verhalten der Kathodenstrahlen gegen Materie eine fundamentale Rolle gespielt. Es ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der Kathodenstrahlen, daß sie die Fähigkeit besitzen, größere Dicken von Materie zu durchdringen[1]. Je schneller sie sind, um so leichter gelingt ihnen das und man kann die schnellsten der uns verfügbaren, nämlich die β-Strahlen des Radiums, noch hinter einem Millimeter von Aluminium leicht nachweisen. Man hat nun gute Gründe, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, für die Annahme, daß bei ihrem Durchgang durch die Materie diese Teilchen nicht nur in den freien Räumen zwischen den Atomen sich bewegen, sondern durch die Atome selbst zu fliegen imstande sind.

Wenn aber die Kathodenstrahlteilchen fähig sind Atome zu durchqueren, so kann man hoffen, von ihrem Verhalten innerhalb derselben Aufschlüsse über das Innere der Atome selbst zu erhalten.

Nun zeigten die eingehenden Forschungen, daß von einem Schwarm von Kathodenstrahlteilchen es durchaus nicht allen gelingt ungehindert eine gegebene noch so dünne Materieschicht zu durchdringen. Ein Teil von ihnen wird aufgehalten oder, wie man sagt, absorbiert, ein anderer von ihrer geradlinigen Bahn abgelenkt oder, wie man sagt, zerstreut. Untersucht man nun genauer, wie sich verschiedene Substanzen in bezug auf diese ihre Wirkung verhalten, so findet man, wie Lenard zuerst gezeigt hat, ein äußerst einfaches Gesetz: gleiche Gewichtsmengen der verschiedensten Substanzen von verdünntem gasförmigem Wasserstoff bis zu metallischem Gold zeigen eine angenähert gleiche absorbierende oder zerstreuende Wirkung auf die Kathodenstrahlen.

Die Wirkung gleicher Zahl von Atomen, und deshalb auch eines Atoms der verschiedenen Elemente, ist also ungefähr proportional dem Atomgewichte. Dieses von Lenard gefundene Gesetz zeigte

[1] Vergl. P. Lenard, Kathodenstrahlen 1906.

deutlich, daß dasjenige, was in der Materie auf die Kathodenstrahlen wirkt, in den verschiedenen Atomen in Quantitäten vorhanden ist, die proportional dem Atomgewichte sind. Was wirkt nun in den Atomen auf die Kathodenstrahlteilchen ein? Wie wir gesehen haben, ist ein solches Teilchen nichts anderes als eine freie negative elektrische Ladung. Auf die Bewegung einer solchen können aber nur elektrische und magnetische Kraftfelder einen Einfluß haben. Da aber ein magnetisches Feld auf bewegte Elektrizität zurückzuführen ist, muß man schließen, daß ein nach außen neutrales Atom in seinem Inneren elektrische Ladungen und zwischen ihnen elektrische Felder enthalten muß. Aus dem besprochenen Verhalten der verschiedenen Atome gegenüber den Kathodenstrahlen wird man auch gleich schließen können, daß diese Felder und Ladungen bei schwereren Atomen stärker sein werden als bei denen von kleinerem Gewicht.

Wie soll man sich nun diese innerhalb eines Atoms vom Radius 10^{-8} cm eingelagerten elektrischen Felder denken? Was sind die negativen und positiven Ladungen, zwischen denen die Kraftlinien des Feldes laufen? Dies waren und sind auch jetzt noch die wichtigsten Fragen, die die Erforschung des Atombaues zu lösen hat.

Ein Teil des Problems lies sich nun leicht beantworten, denn die negative freie Elektrizität haben wir ja in den Elektronen kennen gelernt. Sie sind die Grenze der Teilbarkeit der Elektrizität und man muß deshalb annehmen, daß sie in den Atomen die negativen Enden der elektrischen Felder darstellen. Die Dimensionen der negativen Elektronen, die je zu ca. 10^{-13} cm berechnet worden sind, entsprechen durchaus der Vorstellung, daß sie konstituierende Teile der ja viel größeren Atome darstellen. Man kann auch in der Tat solche Elektronen aus allen Atomen erhalten. Man bekommt sie als Kathodenstrahlen in Entladungsröhren ganz unabhängig davon, aus welchem Material die Kathode dargestellt ist. Ebenfalls werden Elektronen von verschiedenen Körpern emittiert, wenn man diese belichtet[1], oder auf sie Röntgenstrahlen oder Strahlen radioaktiver Substanzen fallen läßt. Auch durch Erhitzen von Metallen und auch anderen

[1] Über diesen sogenannten lichtelektrischen Effekt, vgl. Jahrb. d. Radioakt. und Elektronik 1909.

Stoffen auf hohe Temperatur kann man negative Elektronen bekommen. Freiwillig erfolgt die Ausschleuderung von Elektronen aus den Atomen radioaktiver Stoffe. Und neuerdings ist es gelungen, auch bei manchen chemischen Reaktionen[1] das Freiwerden von Elektronen nachzuweisen. Und den schönsten Beweis dafür, daß diese Elektronen in den Atomen als solche vorhanden sind, hat wohl Zeeman geliefert. Er fand, daß wenn ein leuchtender Körper in ein starkes magnetisches Feld gebracht wird, die Wellenlänge seines Lichtes durch das magnetische Feld geändert wird. Auf Grund der Annahme, daß das Licht durch Schwingungen elektrisch geladener Teilchen innerhalb der Atome des leuchtenden Körpers erzeugt wird, konnte dann Lorentz zeigen, daß man aus dem Grad dieser Änderung der Wellenlänge das Verhältnis der Ladung zur Masse des innerhalb des Atoms schwingenden Teilchens berechnen kann. Aus den Versuchen von Zeeman ergab sich die Größenordnung dieses Verhältnisses zu 10^7 E.M.E. die, wie wir früher gesehen haben, für Elektronen der Kathodenstrahlen gilt.

Man kann es wohl als feststehende Tatsache betrachten, daß die negativen Enden der innerhalb der Atome herrschenden elektrischen Felder durch die negativen Elektronen gegeben sind und daß die Lichtemission in vielen Fällen wenigstens den Schwingungen dieser Elektronen innerhalb der Atome zuzuschreiben ist.

Ein Atom ist aber neutral, man muß also, wenn man nicht besondere komplizierte Annahmen machen will, neben den negativen Elektronen in ihm auch noch positive Elektrizität annehmen. Und nun entsteht die schwierigste Frage des Atomproblems — die Frage nach dem Wesen dieser positiven Elektrizität. Die einfachste Annahme, die man hier machen könnte, ist natürlich die, daß sie sich außer dem Sinn ihrer Ladung durch nichts von der negativen unterscheidet. Man müßte dann aber erwarten, daß sich ebenso wie die negativen Elektronen auch positive mit einer sehr kleinen Masse behafteten Elektronen von der Materie abtrennen lassen. Es ist aber trotz vieler Versuche nicht gelungen positive Teilchen mit einer Masse, die kleiner wäre wie die des Wasseratoms, zu finden[2]. Da nun das Wasserstoffion, das aus einem

[1] Vgl. F. Haber, Physik. Zeitschr. 12, 1035 (1911).

[2] Vgl. Bericht über die Kanalstrahlen, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 8, 34 (1911).

Wasserstoffatom durch Verlust eines negativen Elektrons entsteht, das leichteste positive Teilchen ist, das man bis jetzt beobachtet hat, wurde von mancher Seite die Vermutung ausgesprochen, ob es denn nicht das weiter unteilbare positive Elektron selbst darstellt. Indessen steht eine solche Annahme im Widerspruch mit der Tatsache, daß solche positiv geladenen Wasserstoffatome, wie die Untersuchung der Kanalstrahlen zeigte, zu Lichtemission fähig sind[1]. Dies können aber nur Gebilde tun, die aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind, ein isoliertes Elektron ist zu Schwingungen nicht fähig.

Das Wesen der positiven Elektrizität ist also einer direkten experimentellen Untersuchung nicht zugänglich und es muß der Phantasie der einzelnen Forscher überlassen werden sich darüber bestimmte Vorstellungen zu machen. In den verschiedenen Annahmen, die über die positive Elektrizität gemacht werden, liegt nun der Hauptunterschied der bis jetzt aufgestellten Atommodelle.

Ein großer gemeinsamer Zug läßt sich aber in allen aufgestellten Theorien bemerken. Wir wissen ja mit Bestimmtheit, daß in den Atomen negative Elektronen vorhanden sind. Aus der Neutralität des Atoms, wie erwähnt, muß man auch auf das Vorhandensein von positiver Elektrizität schließen. Was anderes aber außer diesen zwei Dingen hat man in den Atomen, so weit man sie heute durchschauen kann, nicht gefunden. Und es ist deshalb das natürliche Bestreben aller Atommodelle, das Atom restlos aus diesen zwei Elektrizitäten aufzubauen: daraus ergibt sich aber die Forderung, eine der wichtigsten Eigenschaften der Atome — ihre Masse — aus der Masse der sie aufbauenden positiven und negativen Elektrizität abzuleiten. Wir wollen nun sehen, in wieweit dies gelungen ist.

Einer der ersten, der sich über den Aufbau der Atome aus Elektrizität bestimmte Vorstellungen machte, war der berühmte englische Physiker J. J. Thomson[2]. Bei der Inangriffnahme des Problems hat er nicht so viel darauf Wert gelegt, daß sein Modell das wahrscheinlichste wird, als er bestrebt war zunächst durch

[1] Vgl. Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen, J. Stark, Atomdynamik B. 2, S. 131.

[2] Vgl. J. J. Thomson, Elektrizität u. Materie, u. auch Korpuskulartheorie d. Materie in der Sammlung »Wissenschaft«, Braunschweig.

besonders einfache Annahmen eine rechnerische Verfolgung der Frage zu ermöglichen. In dem kugelförmigen Atom denkt er sich die positive Elektrizität als homogen durch die Kugel verteilt, ihr Durchmesser entspricht also dem des Atoms. Die negativen Elektronen sind nun in diese Kugel der positiven Elektrizität eingelagert und es wird die Annahme gemacht, daß sie sich innerhalb der Kugel frei bewegen können. Die positive Gesamtladung ist gleich der Summe der negativen Ladungen der Elektronen.

Die Anziehungskraft, die die positive Elektrizität auf die Elektronen ausübt, wird nun das Bestreben haben, sie nach dem Zentrum der Kugel zu bringen. Dem widerstreben aber die Abstoßungskräfte, die die Elektronen gegenseitig auf sich ausüben, und nun entsteht die Frage, bei welcher Anordnung der Elektronen innerhalb der positiven Kugel ein stabiler Zustand erreicht wird, bei welchem sich die auf jedes Elektron wirkenden An- und Abstoßungskräfte das Gleichgewicht halten. Für diese Berechnung wird angenommen, daß sich die Elektronen nach dem Coulombschen Gesetz abstoßen und mit einer Kraft, die dem Abstand vom Mittelpunkt der positiven Kugel proportional ist, nach diesem Mittelpunkt angezogen werden. Um die mathematische Analyse nicht zu erschweren, nimmt Thomson die negativen Elektronen nicht als in allen drei Dimensionen im Raume verteilt an, sondern ordnet sie alle in einer durch den Mittelpunkt der positiven Kugel gehenden Ebene an. Dazu ist allerdings die Annahme nötig, daß die Elektronen in schneller Rotation in dieser Ebene um eine zu ihr senkrechten Achse sich befinden, sonst würde eine solche Anordnung bei einer größeren Zahl von Elektronen nicht stabil sein können.

Das Hauptresultat dieser unter den erwähnten Annahmen durchgeführten Rechnung ist, daß sich die Elektronen in konzentrischen Ringen in der positiven Kugel anordnen werden. Die Zahl der Ringe ist um so größer, je größer die Gesamtzahl der Elektronen ist.

Bis zu 5 Elektronen hat man einen Ring. Bei sechs Elektronen sind 5 in dem äußeren Ring mit einem Elektron in der Mitte. Bei 10 Elektronen sind schon 2 in dem inneren Ring und wenn wir so weiter zu 17 Elektronen übergehen, hat man schon drei Ringe. Bei 32 Elektronen kommt man auch mit 3 Ringen nicht aus, bei 49 muß man schon sogar fünf annehmen usw.

Es würde zu weit führen hier näher zu besprechen, wie Thomson auf Grund seines Modelles manche Eigenschaften der wirklichen Elemente deuten konnte, wie das periodische System, die Valenz, den elektrochemischen Charakter u. A. mehr. Ein Punkt von großer Bedeutung soll aber noch im Anschluß an das Thomsonsche Modell besprochen werden, nämlich die Frage nach der absoluten Zahl der Elektronen im Atom. Thomson hat auf Grund seines Modelles und einiger Annahmen über den Verlauf der Zerstreuung der β-Strahlen innerhalb der Atome eine Formel abgeleitet, nach welcher man aus dem Grad der Zerstreuung die Zahl der Elektronen berechnen kann, die die Atome enthalten. Genaue Versuche ergaben nun, daß diese Zahl bei den Atomen verschiedener Elemente ungefähr proportional dem Atomgewichte ist, was, wie wir schon früher gesehen haben, auch die Lenardschen Versuche wahrscheinlich machten, und daß der Proportionalitätsfaktor ungefähr drei ist. Die Zahl der Elektronen wäre also 3mal so groß wie das Atomgewicht. Diese Zahl ist natürlich von den nicht prüfbaren Voraussetzungen der Theorie abhängig; indessen scheint ihre Größenordnung der Wirklichkeit zu entsprechen, denn Thomson bekam auch durch Berechnung anderer Erscheinungen für den Proportionalitätsfaktor Zahlen, die zwischen 1—3 lagen und neuerdings hat Rutherford[1] auf Grund eines ganz anderen Atommodelles aus den Erscheinungen der Zerstreuung der α-Strahlen auch ein ähnliches Resultat erhalten. Dieses Resultat wirft nun ein ganz eigentümliches Licht auf das wichtigste Problem der Atomerforschung — auf die Frage nach dem Ursprunge der Masse des Atoms. Wir haben gesehen, daß ein negatives Elektron eine Masse besitzt, die nur 1/1800 der des Wasserstoffatoms ist. Wenn daher dieses Atom vom Atomgewichte eins nach dem soeben gesagten nicht mehr als ca. drei Elektronen besitzen soll, so ist der Anteil dieser an der Gesamtmasse des Atoms nur ein sehr kleiner. Beinahe die Gesamtmasse der Atome muß daher von der Masse der positiven Elektrizität des Atoms herrühren. Nun ist aber die Masse einer elektrischen Ladung, wie wir gesehen haben, gleich $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$, wo a der Radius der als Kugel gedachten Ladung bedeutet. Nach dem Thomsonschen Modell, in dem ja der Radius der Kugel der positiven Elektrizität

[1] Phil. Mag. 22 (1911).

dem Atomradius entspricht, d. h. von der Größenordnung 10^{-8} cm ist, wäre also die Masse der positiven Elektrizität wegen des viel größeren Radius bedeutend kleiner als die der negativen. Das steht aber ganz im Gegensatz zu dem obigen Resultat. Das Thomsonsche Modell vermag also den Ursprung der Masse nicht zu erklären.

Vor einem Jahre machte nun der englische Forscher J. W. Nicholson[1] einen kühnen Versuch zur Lösung dieses Problems.

Wenn die Masse der positiven Elektrizität auch rein elektromagnetischen Ursprunges sein soll und dabei für gleiche Elektrizitätsmengen die Masse der positiven Elektrizität viel größer als die der negativen ist, so folgt aus der Formel $m = \frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$, daß das a des positiven Elektrons viel kleiner sein muß als das des negativen. Die Dimensionen des positiven Elektrons sind also nach Nicholson noch bedeutend kleiner als die des negativen. Zu einem ähnlichen Resultate, daß nämlich die Dimensionen der positiven Elektrizität, entgegen der Thomsonschen Auffassung, klein im Vergleich zu der der Atome sein müssen, gelangte auch Rutherford bei der Deutung der Zerstreuung der α-Strahlen bei ihrem Durchgang durch Materie[2].

Und nun entsteht die Frage, wie ein Atom aus diesen positiven und negativen Elektrizitäten von so kleinen Dimensionen zusammengesetzt werden kann. Nicholson nimmt die Existenz von vier Urelementen an, aus deren drei alle anderen Elemente aufgebaut werden. Wir wollen nun zunächst die Struktur dieser Urelemente besprechen. Die Menge der positiven Elektrizität muß in jedem Atom gleich der der negativen sein. Das einfachst mögliche Atom würde also aus einem positiven und einem negativen Elektron bestehen, die nächsten würden dann je zwei, drei usw. positive und negative Ladungen aufweisen. Damit aber diese Gebilde Eigenschaften eines Atoms zeigen, also z. B. ein inneres elektrisches Feld aufweisen, müssen diese positiven und negativen Elektrizitäten getrennt voneinander im Atom bestehen. Das kann aber nur dann zu einer stabilen Anordnung führen, wenn die eine Elektrizität um die andere rotiert, denn sonst müßten sie durch Anziehung aufeinander fallen. Nicholson nimmt nun an, daß es

[1] Phil. Mag. 22 (1911).

[2] Vgl. Rutherford, Phil. Mag. 22 (1911).

die positive mit viel größerer Masse behaftete Elektrizität ist, die die Rolle der Sonne in diesem System übernimmt, und daß die negativen Elektronen um diese Sonne rotieren. Ein auf diese Weise konstruiertes Atom, wenn es nur ein um den positiven Kern rotierendes Elektron enthält, kann aber nicht stabil sein, denn, wie sich zeigen läßt, muß es elektromagnetische Energie ausstrahlen und deshalb seine kinetische Energie einbüßen. Bei den Atomen mit je zwei und mehreren Ladungen ist es aber anders und es genügt die Annahme zu machen, daß sich die Elektronen in gleichen Abständen voneinander auf einem Ring befinden, der um den positiven Kern rotiert, um eine stabile Anordnung zu erhalten. Nicholson stellt nun eine besondere Hypothese über den Bau des positiven Kernes seiner Uratome auf. Er nimmt nämlich an, daß ein Kern von zwei, drei, vier und fünf positiven Elementarladungen nicht aus nebeneinander bestehenden kugelförmigen positiven Elektronen gebildet wird, sondern daß diese miteinander zu einer größeren Kugel zusammenschmelzen. Es wird dabei angenommen, daß die Dichte der positiven Elektrizität bei diesem Zusammenschmelzen sich nicht ändert, daß also das Volumen dieser Kerne proportional der Zahl der Ladungen ist. Daraus ergeben sich aber sehr interessante Konsequenzen für die Massen dieser positiven Kerne, also in erster Annäherung auch für die Massen oder Atomgewichte der Uratome. Die elektromagnetische Masse einer elektrischen Kugel ist ja, wie schon mehrfach erwähnt wurde, gleich $\frac{2}{3}\frac{E^2}{a}$, wo E die Ladung der Kugel bedeutet. Ist $E = ne$, wo unter e die Elementarladung zu verstehen ist, so wird die Masse gleich $^2/_3 \frac{n^2 e^2}{a}$. Die Massen der verschiedenen Kerne werden also $\frac{n^2}{a}$ proportional sein. Nun ist aber a proportional $\sqrt[3]{v}$, wo v das Volumen der Kugel bedeutet, also da v nach der Nicholsonschen Annahme einfach n proportional ist, kann a proportional $\sqrt[3]{n}$ gesetzt werden. Die Masse der verschiedenen positiven Kerne wird also $\frac{n^2}{\sqrt[3]{n}} = n^{5/3}$ proportional sein. Die vier von Nicholson angenommenen auf die erläuterte Weise aufgebaute Urelemente sind keine mathematischen Fiktionen, sondern sie sollen auch wirklich in der Natur vorkommen. Und zwar ist das Element mit dem Kern von doppelter Ladung nach Nichol-

son das Coronium, dessen Spektrum in der Sonnenkorona aufzufinden ist, das Element mit drei Ladungen soll der Wasserstoff sein, das mit vier das hypothetische Element der Astronomen, das Nebulium, dessen Spektrum die Nebel zeigen und endlich dem mit je fünf positiven und negativen Ladungen wird der Name Protofluor beigelegt und auch dieses soll in der Sonnenkorona vorkommen. Wir werden noch später zeigen, worauf sich diese Annahmen stützen.

Nach dem vorher Gesagten würden also die Massen der positiven Kerne dieser vier Elemente zueinander im Verhältnis stehen wie $2^{5/3} : 3^{5/3} : 4^{5/3} : 5^{5/3} = 3.1748 : 6.2403 : 10.079 : 14.620$. Da aber das Atomgewicht des Wasserstoffes das $3^{5/3}$ entspricht gleich 1.008 ist, ergeben sich für die übrigen Atomgewichte, wenn man noch die kleinen Korrektionen, die wegen der Nichtberücksichtigung der Masse der negativen Elektronen nötig sind, anbringt

Koronium	0.513
Wasserstoff (H)	1.008
Nebulium (Nb)	1.6277
Protofluor (Pf)	2.3607

Und nun zeigt Nicholson, daß man aus den letzten drei Urelementen nämlich dem Wasserstoff, Nebulium und Protofluor alle anderen Elemente aufbauen kann. Es gelingt das Atomgewicht aller bekannten Elemente als die Summe von ganzen Vielfachen der Atomgewichte dieser drei Elemente darzustellen, wobei die Abweichungen der so berechneten Werten von den direkt bestimmten selten größer sind als die Fehlergrenzen der besten Atomgewichtsbestimmungen. Die folgenden Beispiele zeigen dies sehr überzeugend:

	Ber.	Beob.
He = Nb + Pf =	3.988	(3.99)
Li = He + 3H =	7.01	(6.94)
Be = 3Pf + 2H =	9.097	(9.10)
B = 2He + 3H =	11.00	(11.00)
C = 2He + 4H =	12.008	(12.00)
N = 2He + 6H =	14.02	(14.01)
O = 3He + 4H =	15.996	(16.00)

	Ber.	Beob.
F = 3He + 7H =	19.020	(19.00)
Ne = 6Pf + 6H =	20.21	(20.21)
Na = 4He + 7H =	23.008	(23.01)
Mg = 2H + 5He + Pf =	24,32	(24.32)
A = 10He =	39.88	(39.88)

Auf diese Weise gelang es Nicholson auch sämtliche andere Elemente, deren Atomgewicht genügend genau bekannt ist, darzustellen. Allerdings, wenn es sich um große Atomgewichte handelt, ist eine so erzielte Übereinstimmung kein Beweis für die Richtigkeit der Annahmen, denn durch Summieren von Vielfachen von drei Zahlen kann man jede genügend große Zahl erhalten. Die hier angeführten Beispiele der Elemente mit kleinen Atomgewichten zeigen aber auch eine so glänzende Übereinstimmung, daß man sie kaum als eine zufällige wird betrachten dürfen. Sehr auffallend und von den gemachten Annahmen unabhängig ist dabei, daß die meisten Elemente mit kleineren Atomgewichten sich restlos aus Helium und Wasserstoff aufbauen lassen.

In welcher Weise sind nun die größeren Atome aus den Uratomen aufgebaut. Nach der Nicholsonschen Auffassung dürfen die positiven Kerne der Urelemente in den größeren Elementen nicht zusammenschmelzen. Denn, wie leicht einzusehen ist, würde dann das Atomgewicht des neuen Atoms nicht die Summe der es aufbauenden Uratome sein können. So ist z. B. $4^{5/3} + 5^{5/3}$ nicht mit $(4 + 5)^{5/3}$ identisch. Andererseits kann man aber auch nicht annehmen, daß sie ganz unverändert nebeneinander liegen, wie die Atome der Elemente in den Molekülen ihrer Verbindungen. Denn wenn auch ein Atom in zwei zerfallen kann, wie es die radioaktiven Vorgänge zeigen, so ist es doch ein ganz anderer Vorgang wie die Zersetzung einer chemischen Verbindung. Man muß sich also eine Gruppierung denken, die ein Mittelding zwischen einem vollständigen Zusammenschmelzen und einer unveränderten Nebeneinanderlagerung vorstellt.

Wenn nun schon die Möglichkeit, die Atomgewichte aller Elemente aus drei Zahlen darzustellen von großem Interesse ist und noch viele andere Ausblicke die diese Theorie eröffnet, z. B. die Erklärung des periodischen Systems volle Aufmerksamkeit verdienen, so wird ihre Bedeutung in ganz ungewöhnlichem

Maße durch folgendes gesteigert. Nicholson hat auf Grund einfacher Annahmen die Verhältnisse berechnet, die die Schwingungszahlen der Elektronen in Atomen, die auf die von ihm für Nebulium und Protofluor angenommene Weise gebaut ist, aufweisen müssen[1]. Er konnte nun einerseits alle von den Astronomen dem hypothetischen Element Nebulium zugeschriebenen Spektrallinien mit den für sein Nebulium berechneten zur Deckung bringen, andererseits erwiesen sich 16 Linien der Sonnenkorona als identisch mit den für Protofluor berechneten. Und es ist wohl der größte Triumph, der bis jetzt einem Atommodell zugefallen ist, daß Nicholson auf Grund seines Modelles vorausgesagt hat, daß das Nebulium außer den schon vorher bekannten Linien noch eine von der Wellenlänge 435.3 $\mu\mu$ emittieren muß. Die Revision einer alten photographischen Platte, auf der das Spektrum des Nebuliums der Nebel aufgenommen war, ergab, daß diese Linie in der Tat vorhanden ist und nur wegen ihrer Schwäche übersehen wurde. Und eine vor kurzem gemachte neue Aufnahme des Spektrums des Orionnebels, die Wolf in Heidelberg gemacht hat, bestätigte dieses Resultat vollkommen.

Wir sind am Schlusse unserer Ausführungen angelangt. Als das endgültige Ziel der Erforschung des Atombaues kann man die Aufstellung von Atommodellen ansehen, die uns in der gleichen Weise alle Eigenschaften eines Atoms vorauszusagen gestatten werden, wie die Strukturformeln der Chemie es für viele chemische Eigenschaften der Verbindungen tun. Von diesem Ziel sind wir noch sehr weit entfernt. Das bisher erreichte wird man wohl aber als einen zu den besten Hoffnungen berechtigenden Anfang ansehen dürfen.

[1] Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 72 N. 1, 2 u. 8 (1911—12).

Herstellung von optisch-aktiven Stoffen durch Fermente und andere Katalysatoren.

Von Prof. Dr. **G. Bredig.**

Pasteur hat zuerst darauf hingewiesen, daß der Chemismus der lebenden Wesen sich von der Entstehung von Stoffen auf anorganischem Wege besonders dadurch unterscheidet, daß der Organismus optisch-aktive Substanzen spontan hervorzubringen vermag. So sagte er auch, daß »Asymmetrie die einzig streng abgegrenzte Scheidewand« sei, welche man zwischen der Chemie der toten und der lebenden Natur ziehen könne. In der Tat ist es bisher keinem Chemiker und Physiker gelungen, aus optisch inaktiven Stoffen d. h. solchen, welche die Ebene des polarisierten Lichtstrahles nicht zu drehen vermögen, einwandfrei ohne jede Beihilfe eines Organismus optisch aktive Stoffe herzustellen, d. h. solche, welche die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtstrahles drehen. Mit Recht hat daher z. B. C. Engler die optische Aktivität des natürlichen Erdöls als Beweis für dessen Entstehung aus Organismen hervorgehoben.

Die Forschung hat jedoch eine ganze Reihe von Methoden kennen gelehrt, nach denen der Chemiker, freilich wie gesagt nicht ohne irgend eine Mitwirkung eines lebenden Wesens oder auswählenden Intellektes, aus optisch inaktiven Stoffen optisch aktive erzeugen kann. Bekanntlich beruht nach Pasteur, van 'tHoff und Le Bel die optische Aktivität chemischer Stoffe darauf, daß die gegenseitige Lage der Atome in ihrem Molekül eine solche ist, daß es davon zwei Arten gibt, welche sich voneinander nur unterscheiden, wie die Form eines asymmetrischen Körpers von ihrem Spiegelbilde. Man nennt dies die molekulare Asymmetrie der optisch aktiven bzw. optisch aktivierbaren Stoffe. Die beiden Isomeren des betreffenden Stoffes mit zueinander spiegel-

bildlicher Molekularstruktur nennt man die beiden »optischen Isomeren« oder »optischen Antipoden«. In der leblosen Welt entstehen von solchen beiden Antipoden bei der gewöhnlichen Synthese stets gleichzeitig gleiche Mengen oder werden bei der Zersetzung stets gleiche Mengen gleichzeitig zerstört. Daher kann durch chemische Veränderungen in der leblosen Welt im allgemeinen niemals ein Überschuß des einen oder des anderen Antipoden entstehen oder zurückbleiben und kann daher so niemals optische Aktivität auftreten.

Die Forschung hat jedoch schon, von Pasteur anfangend, gelehrt, wie man bei solchen chemischen Veränderungen von Gemischen gleicher Mengen der Antipoden (allerdings stets unter Mitwirkung eines Organismus oder Intellektes) doch die eine Komponente im Überschuß und damit optische Aktivität erhalten kann:

A. Trennung der beiden in gleicher Menge vorhandenen optischen Antipoden voneinander:

I. Wie Pasteur gezeigt hat, kann man in vielen Fällen schon **rein mechanisch** die beiden optisch Isomeren voneinander dadurch in festem Zustande trennen, daß auch ihre **Kristallformen** sich wie Spiegelbilder hemiedrisch enantiomorph verhalten und die Kristalle daher mit dem Auge und der Hand ausgelesen und getrennt werden können. Beispiel: Natriumammoniumtartrat unterhalb 28°. Wie man sieht, ist auch hierzu ein lebender Intellekt nötig.

II. In den folgenden Methoden wird das ebenfalls bereits von Pasteur angegebene Prinzip benutzt, daß die beiden optischen Antipoden sich zwar zu einem Stoffe ohne molekulare Asymmetrie chemisch und physikalisch vollständig gleich benehmen jedoch **zu einem Stoffe mit bereits vorhandener molekularer Asymmetrie sich nicht mehr spiegelbildlich gleich,** sondern bis zu einem gewissen Grade **wie chemisch verschiedene Körper** verhalten bzw. mit diesem solche chemisch verschiedenen Körper bilden (**»Diastereoisomerie«**). Beispiel: Verhältnis von rechter und linker Hand zu einer Kugel im Gegensatz zum Verhältnis dieser beiden Hände zu einer dritten z. B. rechten Hand.

1. So bilden z. B. die Antipoden von optisch aktiven Säuren mit optisch inaktiven Basen vollkommen gleich lösliche Salze, dagegen sind ihre Salze mit optisch aktiven Basen verschieden leicht löslich und können daher voneinander durch Auskristallisieren getrennt werden. Beispiel: Zerlegung der synthetischen, optisch inaktiven Weinsäure in ihre optisch aktiven Antipoden als Cinchoninsalz. Natürlich gilt das gleiche Prinzip z. B. auch für die Trennung der optischen Antipoden asymmetrischer Basen mit Hilfe ihrer Salze mit optisch aktiven Säuren usw und auch für andere Verbindungen der Antipoden mit optisch aktiven Stoffen.

2. Während die Geschwindigkeit, mit welcher zwei optische Antipoden mit einem optisch inaktiven Stoff chemisch reagieren, die gleiche ist, ist sie dagegen ungleich bei Reaktion mit einem optisch aktiven Stoffe. Ebenso ist die Reaktionsgeschwindigkeit einer Verbindung eines optisch inaktiven Stoffes dieselbe, mag eine Verbindung mit der Rechts- oder mit der Linksantipode eines asymmetrischen Stoffes vorliegen. Dagegen ist die Reaktionsgeschwindigkeit einer Verbindung, welche aus einem optisch aktiven Stoffe und einem der optischen Antipoden besteht, für die beiden optischen Antipodenverbindungen eine verschiedene. Hierauf beruhen die folgenden »kinetischen« Methoden der Trennung optisch isomerer Antipoden:

α) So bildet z. B. die *d*-Mandelsäure[1] mit *l*-Menthylamin das Menthylamid rascher als die *l*-Mandelsäure. Daher wird aus einem optisch inaktiven Gemische gleicher Mengen *d*- und *l*-Mandelsäure die freie *d*-Mandelsäure rascher bei der Reaktion mit *l*-Menthylamin verschwinden als die *l*-Mandelsäure. Unterbricht man also in einem günstigen Momente die Reaktion schon vor der Vollendung, so hat man noch einen Überschuß an *l*-Mandelsäure (W. Marckwald und Mc Kenzie).

β) Der *l*-Mentholester der *d*-Mandelsäure ist nicht mehr spiegelbildlich isomer, sondern nur noch »diastereoisomer« mit dem *l*-Mentholester der *l*-Mandelsäure. Während die gewöhnlichen Ester der Mandelsäuren mit optisch inaktiven Alkoholen zueinander völlig spiegelbildlich isomer sind und also gleiche Verseifungsgeschwin-

[1] *d*- u. *l*- bezeichnen im folgenden rechts- und links-asymmetrische bzw. drehende Isomere.

digkeiten haben, wird daher der *l*-Mentholester der *d*-Mandelsäure mit Natronlauge rascher verseift als der *l*-Mentholester der *l*-Mandelsäure. Stellt man also aus einem künstlich leicht erhältlichen, optisch inaktiven Gemische von gleichen Mengen *l*-Mandelsäure und *d*-Mandelsäure die *l*-Mentholverbindung also den *l*-Mentholester dar und verseift ihn, so erhält man, wenn man den Versuch im richtigen Momente vor völliger Verseifung unterbricht, einen Überschuß von *l*-Mandelsäureester über *d*-Mandelsäureester also optische Aktivität und ebenso gleichzeitig einen Überschuß von *d*-mandelsaurem Natron über das *l*-mandelsaure Natron (Mc Kenzie).

γ) Während im vorangehenden Falle der zur Trennung der optisch isomeren Mandelsäuren benutzte optisch asymmetrische Hilfsstoff, in unserem obigen Beispiele *β* also das *l*-Menthol, pro Äquivalent Umsatz in äquivalentem Mengenverhältnis frei wird, kann auch der Fall eintreten, daß er im Reaktionsprodukte gebunden bleibt. Dies ist z. B. der Fall, wenn *l*-mandelsaures Strychnin sich wieder infolge der Nichtspiegelbildlichkeit der Molekularstruktur dieser Verbindung zum ungleichen Teil umlagert in *d*-mandelsaures Strychnin (Marckwald und Paul), so daß auch hier ein Gemisch von ungleichen Mengen *d*-mandelsaurem und *l*-mandelsaurem Strychninsalz also schließlich optisch aktive Mandelsäure entsteht.

III. Mit den eben in II. genannten (auf der verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeit optischer Antipoden unter der Einwirkung eines optisch aktiven Stoffes beruhenden) Methoden zur Herstellung optisch aktiver Stoffe sind eng verwandt die sogenannten **biologischen Methoden** zu demselben Zwecke, die auch schon auf Pasteur zurückgehen:

α) So hat Pasteur bereits gezeigt, daß viele Organismen den einen Antipoden eines Stoffes mit asymmetrischem Molekül viel rascher angreifen als den anderen, ja man war sogar lange der irrigen Meinung, daß überhaupt nur der eine Antipode von dem betr. Organismus verarbeitet wird, der andere nicht. So wird nach Pasteur durch Penicillium glaucum das *d*-weinsaure Ammonium oxydiert, nicht aber dessen *l*-Antipode, so daß in einem optisch inaktiven Gemisch von *d*- und *l*-weinsaurem Salze bei der Gärung mit diesem Pilze schließlich Linksdrehung auftritt. Verschiedene Organismen verhalten sich ebenfalls verschieden gegen

denselben Antipoden. So zerstört nach Lewkowitsch Penicillium die *d*-Glycerinsäure, dagegen Bazillus ethaceticus die *l*-Glycerinsäure. Nach Emil Fischer werden von der Hefe *d*-Glucose, *d*-Mannose, *d*-Fructose, *d*-Galactose vergärt, nicht aber ihre optischen Antipoden.

β) Aber nicht nur die lebenden Organismen greifen die optisch isomeren Antipoden desselben Stoffes mit verschiedener Geschwindigkeit an, sondern auch die aus den Extrakten der Organismen bekanntlich gewonnenen Enzyme benehmen sich chemisch ebenso selektiv gegen optisch isomere Stoffe. Dies ist z. B. von Emil Fischer und seinen Mitarbeitern Abderhalden und Bergell bei der Zerlegung der Polypeptide durch Pankreasferment, Trypsin, von Kossel, Dakin und Riesser bei der Zerlegung des Arginins durch das Enzym Arginase gezeigt worden. Daher hat Fmil Fischer das Bild geprägt, daß sich ein Enzym zu dem von ihm zerlegten Substrate verhalten müsse wie ein »Schlüssel zu seinem Schloß«, der also ein Schloß mit *l*-Asymmetrie zu schließen vermag, ein sonst gleiches mit *d*-Asymmetrie aber nicht. Dieses Gleichnis ist jedoch nicht ganz passend, denn es hat sich gezeigt, daß ein Ferment oder Enzym, das den einen Antipoden angreift, nicht absolut unwirksam gegen den anderen Antipoden ist, sondern auch diesen, wenn auch meistens sehr viel langsamer, anzugreifen vermag. So wird nach Dakin auch der *l*-Mandelsäureester des Benzylalkohols durch das Enzym Leberlipase, wenn auch 40 % langsamer, ebenso verseift wie der *d*-Mandelsäureester. Nach Abderhalden und Pringsheim werden beide optisch isomere Leucylglycine durch den Preßsaft aus Allescheria gespalten, wenn auch das natürliche Leucylglycin rascher dabei zersetzt wird als sein spiegelbildlich Isomeres. Nach R. O. Herzog und A. Meier vermögen die Pilzoxydasen sowohl *l*- wie *d*-Weinsäure zu verbrennen, wenn auch die beiden Isomeren mit verschiedener Geschwindigkeit dabei angegriffen werden. Das Enzym, der vermeintlich eindeutige »Schlüssel«, vermag also sowohl das rechtsherumgebaute wie das linksherumgebaute »Schloß« aufzuschließen, allerdings mit verschiedener Geschwindigkeit und nur so kommt durch meist sehr große kinetische Unterschiede seine scheinbar einseitige Wirkung zustande. Diese einseitige »stereochemisch spezifische« Wirkung der Enzyme ist mit Recht von van 't Hoff und Emil Fischer darauf zurückgeführt worden,

daß die Enzyme ebenfalls eine asymmetrische Molekülstruktur besitzen wie etwa die optisch aktiven Hilfsstoffe in den unter II. genannten Trennungsmethoden.

IV. Faßt man die Wirkung der Enzyme nach dem Vorgange von Berzelius, Schönbein und Ostwald als eine katalytisehe Wirkung auf d. h. als die Beschleunigung von Reaktionen unter der Einwirkung von Stoffen, den sogenannten »Katalysatoren«, welche dabei selbst nicht im stöchiometrischen Äquivalentverhältnis, oft sogar überhaupt nicht merklich, verbraucht werden, so war das Problem gegeben, die asymmetrische Wirkung der Enzyme für die Herstellung optisch aktiver Stoffe zu ersetzen durch die **asymmetrische Wirkung von Katalysatoren** bekannter Zusammensetzung. Sollten diese Katalysatoren auch auf die beiden Antipoden verschieden schnell einwirken, so mußten dazu eben auch solche mit asymmetrischer Molekularstruktur ausgewählt werden. Der Vortragende hat sich daher schon vor einigen Jahren in Gemeinschaft mit K. Fajans und mit Erfolg diese Aufgabe gestellt, durch Katalyse optische Aktivität zu erzeugen. Geradeso wie der *d*-Mandelsäureester und der *l*-Mandelsäureester durch ein Enzym der Leber nach Dakin mit verschiedener Geschwindigkeit verseift werden, wird nach Bredig und Fajans Camphocarbonsäure unter dem Einflusse gewisser Basen katalytisch in Kampher und Kohlensäure gespalten, und zwar unterliegen ihre beiden optischen Isomeren dieser Spaltung verschieden schnell, wenn man als Katalysator eine optisch aktive Base anwendet. So wird durch Katalyse mit Chinin die *l*-Camphocarbonsäure rascher zersetzt als die *d*-Camphocarbonsäure, durch Katalyse mit Chinidin dagegen umgekehrt die *d*-Säure rascher als die *l*-Säure. Man kann so, bei rechtzeitiger Unterbrechung der Katalyse, je nach Belieben einen Überschuß an *d*-Säure oder *l*-Säure bzw. an *l*-Kampher oder *d*-Kampher erhalten, je nachdem man als Katalysator Chinin oder Chinidin anwendet. Man hat so also die stereochemisch spezifische Wirkung der Fermente und Enzyme bei der Zersetzung optischer Antipoden durch Katalysatoren bekannter Zusammensetzungen (Chinin und Chinidin) nachgeahmt. Eine sehr große Ähnlichkeit besteht auch darin, daß man mit diesen Ka-

talysatoren beliebig große Mengen Camphocarbonsäure zersetzen und optisch aktivieren kann, gerade wie ja auch die Fermente von ihrem Substrate ein ungeheures Vielfache ihrer eigenen Menge bekanntlich zu zersetzen vermögen. Besonders drastisch ist dies auch vom Vortragenden in Gemeinschaft mit Creighton an dem Beispiele der Bromcamphocarbonsäure gezeigt worden, von welcher schon durch äußerst geringe Mengen von Alkaloiden sehr große Mengen katalytisch zersetzt werden können. Auf diesem katalytischen Wege haben Bredig und seine Mitarbeiter aus optisch inaktiver Camphocarbonsäure Präparate von erheblich optischer Aktivität erhalten, und so die Wirkung der Fermente und Enzyme im asymmetrischen Abbau optisch inaktiver Stoffe zu optisch aktiven durch Katalyse nachgeahmt.

B. Bildung der beiden optischen Antipoden in ungleicher Menge.

Während im vorangehenden nur der ungleiche **Abbau** oder die Trennung schon vorhandener asymmetrischer Moleküle behandelt worden ist, gibt es noch einen andern Weg, auf dem die Natur sowohl wie der Chemiker optische aktive Stoffe darstellt, indem er nämlich nicht abbaut, sondern **aufbaut.** Baut man nämlich aus Stoffen mit symmetrischer Molekülstruktur andere Stoffe auf, so kann man in gewissen Fällen Stoffe mit asymmetrischer Molekülstruktur erhalten. Eine solche asymmetrische Molekülstruktur entsteht bekanntlich z. B. nach van 't Hoff und Le Bel immer dann, wenn die 4 Valenzen eines Kohlenstoffatoms im Molekül durch 4 verschiedene Substituenten besetzt werden, also ein sogenanntes »asymmetrisches Kohlenstoffatom« gebildet wird. Bei der gewöhnlichen Synthese solcher Stoffe mit asymmetrischem Kohlenstoffatom entstehen die beiden optisch isomeren Antipoden immer in gleicher Menge, so daß auch hier das künstliche Produkt stets optisch inaktiv ist.

In neuerer Zeit aber haben die Chemiker auf Grund eines Gedankens von Emil Fischer gelernt, auch hier eine **»asymmetrische Synthese«** auszuführen, d. h. bei der Bildung von Stoffen mit neuen asymmetrischen Kohlenstoffatomen die eine optisch

isomere Form in größerer Menge entstehen zu lassen als die andere antipodische. Freilich bedarf es auch hierzu immer noch **der Anwendung eines bereits verhandenen optisch aktiven Hilfsstoffes.** Während z. B. Methyläthylmalonsäure unter gewöhnlichen Verhältnissen beim Erhitzen unter Kohlendioxydabspaltung gleiche Mengen von rechtsdrehender und von linksdrehender Valeriansäure gleichzeitig bildet, wird, wie zuerst W. Marckwald gezeigt hat, ein Überschuß von linksdrehender Valeriansäure erhalten, wenn man zu der Methyläthylmalonsäure als Hilfsstoff das optisch aktive Alkaloid Brucin unter Salzbildung zugesetzt hat. Ebenso liefert die Brenztraubensäure, wenn man vorher in ihr Molekül unter Esterbildung einen optisch aktiven Alkohol (z. B. *l*-Menthol) als Hilfsstoff eingefügt hat, bei der Reduktion mehr Ester der rechtsdrehenden Milchsäure als Ester der linksdrehenden Mandelsäure. Wie Emil Fischer sich ausdrückt, haben hier also die vorher schon vorhanden gewesenen asymmetrischen Kohlenstoffatome der optisch aktiven Hilfsstoffe (Brucin oder Menthol) in den neu entstandenen optisch aktiven Stoffen Valeriansäure oder Milchsäure) ein neues optisch aktives) Kohlenstoffatom und zwar einen Überschuß des einen Antipoden »geboren«. Immerhin bedarf es zur Erzeugung von 1 Molekül Valeriansäure oder von 1 Molekül Milchsäure immer je eines Moleküles des Hilfsstoffes (z. B. des Brucins oder des optisch aktiven Alkohols [Menthols]). Diese »asymmetrischen Synthesen« isind also im Grunde chemische Umsetzungen mit den Hilfsstoffen m gewöhnlichen stöchiometrischen chemischen Mengenverhältnis der Äquivalentgewichte.

II. Aber auch durch **Enzymwirkungen** sind in neuerer Zeit **asymmetrische Synthesen** erhalten worden: Besonders deutlich liegt eine solche bei der Addition von Blausäure an Benzaldehyd vor, bei welcher unter gewöhnlichen Umständen das Nitril der Mandelsäure entsteht, welches zwar ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, von welchem aber unter gewöhnlichen Umständen gleiche Mengen der *d*- wie *l*-Form erhalten werden, so daß also ein optisch inaktives Nitril entsteht. L. Rosenthaler hat aber gezeigt, daß diese Nitrilsynthese asymmetrisch verläuft, wenn sie durch die Gegenwart von Emulsin, des Enzymes der bitteren Mandeln, beschleunigt wird. In

diesem Falle erhielt er ein optisch aktives (rechtsdrehendes) Nitril und aus diesem die zugehörige (linksdrehende) Mandelsäure. Faßte man auch hier die Wirkung des Enzymes wieder als eine katalytische auf, so war damit nach dem Vortragenden wiederum das Problem gegeben, das asymmetrisch wirkende Enzym Emulsin auch bei der Synthese zu ersetzen durch einen asymmetrisch wirkenden Katalysator bekannter Zusammensetzung.

III. In der Tat ist es nun dem Vortragenden in Gemeinschaft mit Herrn P. S. Fiske gelungen, das Emulsin bei der **asymmetrischen Synthese** von Mandelsäurenitril zu ersetzen **durch asymmetrisch gebaute Katalysatoren bekannter Zusammensetzung,** nämlich durch Chinin und Chinidin. Die Nitrilbildung aus Aldehyden und Blausäure wird nämlich wie durch Enzyme so auch durch Basen bekannter Zusammensetzung katalysiert d. h. beschleunigt. So erhielt der Vortragende in Gemeinschaft mit Fiske durch »asymmetrische Synthese« aus Benzaldehyd und Blausäure unter der katalytischen Wirkung von Chinin rechtsdrehendes Mandelsäurenitril, also die *d*-Form im Überschuß, unter der katalytischen Wirkung von Chinidin dagegen linksdrehendes Nitril, also die *l*-Form im Überschuß. Damit ist also die stereochemisch unterschiedliche Wirkung der Enzyme für Rechts- und Linksform ihrer Substrate nicht nur beim Abbau (Kap. A), sondern hier in Kap. B. auch bei der asymmetrischen Synthese, also beim Aufbau solcher Formen durch Katalyse mit bekannten Stoffen nachgeahmt. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß auch die Enzyme nichts anderes sind als von der Natur im Organismus benutzte Katalysatoren von asymmetrischer Molekularstruktur. Es ist also dem Vortragenden gelungen, die »stereochemische Spezifität« der Fermente und Enzyme durch Katalysatoren bekannter Zusammensetzung nachzuahmen, und damit ist ein wesentliches Merkmal der Enzymwirkung seines mystischen Schleiers beraubt. Keineswegs aber ist damit, wie der Vortragende hervorhebt, für die Herstellung optisch aktiver Substanzen die Mitwirkung von lebenden Organismen entbehrlich geworden, denn Voraussetzung auch für die asymmetrische Katalyse, mag sie nun asymmetrischer Aufbau oder asymmetrische Synthese sein, ist bisher immer

noch das Vorhandensein von schon fertigen optisch aktiven Stoffen (wie z. B. Chinin und Chinidin), die als Katalysatoren dienen können. Diese Stoffe aber sind bekanntlich in optisch aktivem Zustande bisher nur mit Hilfe eines Organismus erhältlich, selbst dann, wenn ihre vollständige chemische Synthese, die selbst beim Chinin und Chinidin in absehbarer Zeit zu erwarten ist, gelingt.

Als nächstes Ziel bezeichnet der Vortragende die Herstellung optisch aktiver Substanzen, besonders durch Abbau oder asymmetrische Synthese, ohne die Mithilfe bereits gegebener optisch aktiver Stoffe. Es müßten dann, wie bereits von verschiedener Seite versucht worden ist (Cotton, Pasteur, Boyd, J. Meyer, Byk u. A.), an Stelle der asymmetrischen Hilfsstoffe asymmetrische äußere physikalische Bedingungen treten, wie sie z. B. mit Hilfe von Magnetfeldern, zirkular polarisiertem Lichte usw. versuchsweise, aber bisher vergeblich, angewandt worden sind. Der Vortragende lieferte besonders in der sich anschließenden Diskussion eine Kritik dieser Bestrebungen und zeigte namentlich einen möglichen Weg auf photochemischem Gebiete. Seine Versuche in dieser Richtung sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Bis jetzt also besteht der Satz von Pasteur in voller Gültigkeit, daß die optische Asymmetrie eine streng spezifische Eigenschaft der dem Organismus entstammenden Stoffe ist. Da der Zustand der molekular symmetrischen Stoffe bzw. die damit verbundene optische Inaktivität gegenüber dem asymmetrischen Zustande, der mit optischer Aktivität verbunden ist, der wahrscheinlichere ist, so liegt der Zusammenhang vielleicht darin, daß der Zustand lebender Materie gegenüber dem der unbelebten sich durch einen höheren Grad der Unwahrscheinlichkeit auszeichnet.

Literatur: J. H. van 'tHoff, Die Lagerung der Atome im Raume, 3. Aufl. 1908 (Braunschweig); G. Bredig und K. Fajans, Ber. d. d. chem. Ges. **41**, 752 1908); K. Fajans, Zeitschr. f. physikal. Chem. **73**, 25; **75**, 232 (1910); H. J. M. Creighton, ebenda **81**, 543 (1913); G. Bredig und P. S. Fiske, Biochemische Zeitschr. **46**, 7 (1912); R. Hoeber, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe (3 Aufl.) 1911 (Leipzig); Oppenheimer-Herzog, Die Fermente und ihre Wirkungen, 1913 (Leipzig); (vorgetragen in der Sitzung vom 21. Juni 1912).

Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

26. Band. 1912—1916.

Mit 34 Textfiguren, 1 Bildnis und 1 Karte.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1916.

Inhaltsverzeichnis.

Abhandlungen.

Jahresbericht.

Infolge des Kriegsausbruches, der auch den neu gewählten Schriftleiter der Vereinsverhandlungen zu den Fahnen rief, war es nicht möglich, der bisherigen Übung entsprechend, den vorliegenden 26. Band, der teilweise schon im Druck war, im Jahr 1914 erscheinen zu lassen. Um die Drucklegung nicht länger zu verzögern, hat im Frühjahr 1916 der Vorstand den bisherigen Schriftleiter beauftragt, sie wieder zu besorgen. Der vorliegende Band enthält zugleich die Tätigkeitsberichte über die Vereinsjahre 1912/13, 1913/14 und 1914/16.

Die in den Sitzungen gehaltenen Vorträge sind aus den Sitzungsberichten und aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehen. Das bisherige Versammlungslokal mußte aufgegeben werden, da das Haus der Gesellschaft Museum, in dem es sich befand, einem durchgreifenden Umbau unterzogen wurde. Die Vorträge wurden vom Winter 1912/13 an meist in Hörsälen der Technischen Hochschule oder im sog. Konkordienzimmer des Moninger abgehalten.

Mehrfach wurden die Vereinsmitglieder zu Vorträgen in befreundeten Vereinen, vom Karlsruher Bezirksverein Deutscher Ingenieure, dem Bad. Architekten- und Ingenieurverein, der Abteilung Karlsruhe der Deutschen Kolonialgesellschaft und dem Alpenverein eingeladen. Die Städtebauausstellung, die im Dezember 1913 im kleinen Festhallensaal stattgefunden hat, ist den Vereinsmitgliedern durch Herrn Regierungsbaumeister Langen erklärt worden.

Die Bücherei des Vereins war bisher in einem vom Senat der Technischen Hochschule zur Verfügung gestellten Raum untergebracht; da ihre Benützung erschwert und da auch ihre Verwaltung mit Schwierigkeiten verknüpft war, so mußte vor allem, um sie den Vereinsmitgliedern leichter zugänglich zu machen, eine andere Aufstellung angestrebt werden. Mit Geneh-

migung des Großh. Ministeriums des Kultus und des Unterrichtes und des Senates der Technischen Hochschule hat die Bibliothekverwaltung der Hochschule im Frühjahr 1914 die Büchersammlung des Vereins übernommen und sich zugleich in dankenswerter Weise bereit erklärt, die Registrierung und Einordnung der Einläufe zu besorgen.

Im März 1914 konnte der Verein das Fest seines 50-jährigen Bestehens in der Aula der Technischen Hochschule begehen worüber im Bericht über die 771. Sitzung näheres mitgeteilt ist. Eine große Anzahl von brieflich und in Telegrammen zum Ausdruck gebrachten Glückwünschen von Akademien und wissenschaftlichen Vereinen des In- und Auslandes gab ein erfreuliches Zeugnis der Wertschätzung und Anerkennung der Tätigkeit des Vereins.

Tätigkeit der Erdbebenkommission.

Nach Vollendung des Erweiterungsbaues und Aufstellung eines neuen Registrierapparates im Dezember 1912 war die seismische Station Durlach nahezu ununterbrochen bis zum Ausbruch des Krieges in Tätigkeit. Leider entstanden jedoch von Anfang August 1914 ab durch die Heranziehung des Bedienungspersonals zum Heeresdienst Unregelmäßigkeiten im Betrieb der Station, so daß für Durlach keine lückenlose Registrierungen während des Krieges erhalten werden konnten.

Im Sommer 1914 wurden in Durlach zwei neue Mainka'sche bifilare Kegelpendel mit einer stationären Masse von 2000 kg aufgestellt. Wie zu erwarten traten nach Aufstellung der beiden Instrumente auf die Beobachtungspfeiler große Verlagerungen ein. Erst seit dem großen italienischen Beben vom 13. Januar 1915, welches beide Komponenten gut aufzeichneten, sind die Ergebnisse befriedigend. Die zur vollständigen Einrichtung der Station notwendige Anschaffung und Aufstellung eines Vertikalseismographen ist durch den Ausbruch des Krieges auf ungewisse Zeit verschoben worden. Eine eingehendere Beschreibung der neuen Seismographen und der Einrichtung der Station muß daher einem späteren Bericht vorbehalten bleiben.

Die seismische Station Freiburg war fast ohne Unterbrechung bis August 1915 in Betrieb und lieferte ein vorzügliches Beobachtungsmaterial. Von genanntem Zeitpunkt ab mußte die Station

jedoch vollständig stillgelegt werden, da der die Station besorgende Institutsdiener an der Freiburger Universität zum Heeresdienst herangezogen wurde und ein geeigneter Ersatz nicht zu beschaffen war.

In dem gesamten Zeitdienst traten keine wesentliche Änderungen ein. Die in den Stationen aufgestellten Uhren wurden wie bisher allwöchentlich auf telegraphischem Weg mit der Normaluhr des Geodätischen Instituts in Karlsruhe verglichen.

Die Bearbeitung des Beobachtungsmaterials für die Deformationsuntersuchungen wurde auch in den Jahren 1913 und 1914 fortgesetzt; seit Kriegsbeginn mußte dieselbe unterbleiben.

Wertvolle Dienste leistete der kleine Mainka'sche Seismograph im geodätischen Institut der Technischen Hochschule, welcher beständig im Betriebe war und eine Reihe sehr schöner Seismogramme lieferte. Bei der Bearbeitung der großen mitteleuropäischen Beben vom 16. November 1911 und 20. Juli 1913 durch das Zentralbureau der internationalen seismologischen Assoziation konnten die Ergebnisse von Karlsruhe, Durlach und Freiburg mehrfach Verwendung finden.

Rechnungsführung

1912/13.

Einnahmen.

Kassenvorrat	M.	2 370.13		
Mitgliederbeiträge	»	1 524.—		
Beitrag des Ministeriums des Kultus und des Unterrichts	»	300.—		
Verkaufte Vereinszeitschriften	»	117.60		
Zinsen aus Wertpapieren	»	1 061.50		
Zinsen aus Konto-Korrent	»	60.89		
			M.	5 434.12

Ausgaben.

Lokalmiete, Steuern, Drucksachen, Porto	M.	842.20		
Verhandlungen und Sonderdrucke	»	2 529.31		
An Arnold-Stiftung	»	100.—		
			M.	3 471.51
Kassenrest am 30. Juni 1913			M.	1 962.61

Bestand der Handkasse . . .	M.	122.61		
Guthaben bei der Bad. Bank . .	»	1 840.—		
	M.	1 962.61		

Das Vermögen hat am 30. Juni 1913 betragen:

in Wertpapieren	M.	22 600.—		
in bar	»	1 962.61		
			M.	24 562.61
am 11. Juni 1912			»	24 970.13
mithin Abnahme . .			M.	407.52

1913/14.

Einnahmen.

Kassenvorrat	M.	1 962.61		
Mitgliederbeiträge	»	1 524.—		
Regelmäßiger Beitrag d. Ministeriums des Kultus u. des Unterrichts . .	»	300.—		
Verkaufte Schriften	»	10.50		
Zinsen aus Wertpapieren	»	540.50		
Zinsen aus Konto-Korrent	»	35.20		
			M.	4 372.81

Ausgaben.

Steuern, Drucksachen, Porto . . .	M.	855.17		
Verhandlungen	»	1 619.73		
			M.	2 474.90
Kassenrest am 8. Juni 1914			M.	1 897.91
Bestand der Handkasse . . .	M.	77.01		
Guthaben bei der Bad. Bank . .	»	1 820.90		
	M.	1 897.91		

Das Vermögen hat am 8. Juni 1914 betragen:

in Wertpapieren	M.	22 600.—		
in bar	»	1 897.91		
			M.	24 497.91
am 30. Juni 1913			»	24 562.61
mithin Abnahme . .			M.	64.70

1914/15.

Einnahmen.

Kassenvorrat	M.	1 897.91		
Mitgliederbeiträge	»	1 278.—		
Beitrag des Ministeriums des Kultus und des Unterrichts für 1914 . .	»	600.—		
Ausgeloste Wertpapiere	»	200.—		
Beitrag des Ministeriums des Kultus und des Unterrichts für 1915 . .	»	600.—		
Zinsen aus Wertpapieren	»	1 193.—		
Zinsen aus Konto-Korrent	»	165.05		
			M.	5 933.96

Ausgaben.

Steuern, Drucksachen, Porto . . .	M.	277.21		
			M.	277.21
Kassenrest am 10. Dezember 1915			M.	5 656.75
Bestand der Handkasse . . .	M.	121.75		
Guthaben bei der Bad. Bank . .	»	5 535.—		
	M.	5 656.75		

Das Vermögen hat am 10. Dezember 1915 betragen:

in Wertpapieren	M.	18 345.05		
in bar	»	5 656.75		
			M.	24 001.80
am 8. Juni 1914			»	24 497.91
mithin Abnahme . .			M.	496.11

Bisher war es Übung, die Wertpapiere zu ihrem Nennwert aufzunehmen. Bei der Ausrechnung des Vereinsvermögens auf den 10. Dezember 1915 sind die Wertpapiere erstmals mit ihrem Kurswert eingesetzt worden.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein im Jahr 1912/13 verloren die Herren: Prof. Asal, Oberst Fiebig, prakt. Arzt Netz, Kaufmann Renz, Dr. Steude, Forstrat Thilo, Geh. Hofrat Treutlein; im Jahr 1913/14 die Herren: Prof. Grashof u. Ingenieur de Millas

und bis zum Schluß des Vereinsjahres 1914/16 die Herren: Dr. Ammon, Dr. Berberich, Exzellenz Minister Dr. Böhm, Bibliotheksdirektor Brodmann, Geheimerat Hart, Graf von Hennin, Geh. Oberpostrat Heß, Prof. Dr. Kast, Maschineninspektor Leis (gefallen auf dem Feld der Ehre), Geh. Oberforstrat Mayerhöffer, Privatmann Meeß, Oberst Röder v. Diersburg, Apotheker Schoch und Prof. Dr. Sieveking.

Neu eingetreten sind 1912/13 die Herren: Dr. Fajans, Dr. Franzen, Prof. Dr. Götz, Dr. König, Assistent Lautenschläger, Dipl.-Ing. Müller, Dr. Reis, Prof. Richter, Assistent Dr. Schachenmeier, Prof. Dr. Schilling, Dipl.-Ing. Schmidt, Prof. Dr. Ubbelohde, Dr. Wundt; 1913/14 die Herren: E. Diemer, Direktor Döderlein, Dr. Eisenlohr, Hauptmann von Göler, Betriebschemiker Mikuschka, Frl. de Millas, Topograph Dr. Müller, Stabsveterinär Dr. Pätz, Corpsstabsveterinär Scholtz, Kammersänger Staudigl, Privatdozent Dr. Wörnle; 1914/16 die Herren: Prof. A. Kistner und Hauptlehrer Schnebel in Ziegelhausen.

Ausgetreten sind, meist infolge von Wegzug, im Vereinsjahr 1912/13 die Herren: Oberst Bußler, Dr. Frankenstein, Apotheker Ganzloser, Bankdirektor van der Kors, Oberveterinär Krack, Oberleutnant Pléger, Prof. Dr. Staudinger, Dr. Sternberg und Dr. Wolfke; 1913/14 die Herren: Oberamtsrichter Bartning, Landgerichtsrat Benckiser, Forstrat Fels, Privatdozent Dr. Hallo, Privatdozent Dr. Just, Prof. Karle, Oberreallehrer Knauer, Ingen. Mandelbaum, Privatdozent Dr. Mohrmann, Geh. Hofrat Nüßlin, Ingenieur Öhmichen, Architekt Peter, Kaufmann Sachs, Dipl.-Ing. Schumann, Prof. Dr. Skita, Bergrat Thürach, Privatdozent Dr. Vogt; 1914/16 die Herren: Zahnarzt Förderer, Obermaschineninspektor Joos, Fürst von Kotschoubey, Diplomingenieur v. Pahlen.

Am Schluß des Vereinsjahres 1914/16 haben dem Verein 226 Mitglieder angehört.

Vorstand.

Der Vorstand hat am Schluß des Vereinsjahres 1915/16 bestanden aus den Herren:

1. Geh. Hofrat Dr. Lehmann, als Vorsitzender,
2. Geheimerat Dr. Bunte, als dessen Stellvertreter,
3. Hofrat Dr. Doll,

4. Geh. Hofrat Dr. Klein,
5. Prof. Dr. Paulcke, als Schriftleiter,
6. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer u. Bibliothekar,
7. Dr. Spuler, als Rechner.

In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 11. Februar 1916 wurde noch Herr Bankdirektor Gau hinzugewählt und ihm das Amt des Rechners übertragen.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 1. März 1916).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler, Exzellenz.

B. Ehrenmitglied:

Geheimerat Dr. E. Wagner, Exzellenz.

C. Korrespondierendes Mitglied:

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder.*

Acker, Dr., Chemiker (1910).

Alberti, Dr., Augenarzt (1902).

Arnold, Prof. Dr. Em., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).

Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).

Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).

Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).

Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).

Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).

Bartning, Dr. Hans, Regierungsrat (1908).

Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).

Baumann, Dr., prakt. Arzt in München (1906).

Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Benoit, G., Geh. Hofrat, Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Beutler, J., Maschineninspektor (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand des Gewerbeaufsichtsamts (1906).
Bodman, H., Freih. von und zu, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr., Verlagsbuchhändler (1907).
Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Bredig, Dr. Georg, Professor der physik. Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule (1911).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Burger, Realschuldirektor (1911).
Bürgin, Dr. J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Mannheim (1903).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Diemer, Erw., Privatmann (1913).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döderlein, Dr.-Ing., Direktor der Maschinenbau-Gesellschaft (1913).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletschek, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr, J., Professor an der Realschule (1895).
Dreßler, Dr., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1910).
Dünckel, W., Chemiker (1909).
Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).
Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eisenlohr, Dr., prakt. Arzt (1914).

Eitel, Dr. K. H., Privatmann und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Vorstand der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901).
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Engler, Dr. K., Exzellenz, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Oberforstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fajans, Dr. Kas., Privatdozent der Chemie an der Techn. Hochschule (1912).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Franzen, Dr. Hartw., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1912).
Freydorf, Rud. von, Major (1908).
Fuchs, Dr. Gilbert, Privatdozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1910).
Fuchs, Dr. Rud., Oberbaurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Gau, E., Bankdirektor (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg. von, Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur in Frankfurt (1899).
Göler, Eberhard, Freiherr von, Hauptmann (1914).
Götz, Prof. Dr. Paul (1912).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenhaus (1897).
Graßmann, R., Geh. Hofrat, Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., Medizinalrat, prakt. Arzt (1894).
Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).
Hafner, Dr. Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).

Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).
Hammer, Dr. Bernh., Oberstabsarzt (1908).
Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).
Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).
Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).
Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).
Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).
Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).
Hellpach, Prof. Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).
Hemberger, H., Oberbauinspektor in Bruchsal (1904).
Henglein, Dr. Mart., Privatdozent für Mineralogie a. d. Techn. Hochschule (1910).
Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).
Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).
Hoffmann, K., Major a. D. (1897).
Holderer, Dr. J., Geh. Regierungsrat, Oberamtmann in Kehl (1905).
Holzmann, A., Regierungsrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1893).
Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899).
Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).
Huber, Dr. Ernst, prakt. Arzt (1910).
Hutt, J., Zahnarzt (1904).
Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).
Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).
Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).
Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).
Katz, Dr., Augenarzt (1905).
Kistner, A., Professor am Gymnasium (1916).
Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).
Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).

Kohler, Eug., Oberbauinspektor (1910).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
König, Dr.-Ing. Ad., Privatdozent der Chemie an der Techn. Hochschule (1912).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lautenschläger, Dr.-Ing., Apotheker, Assistent am Chem. Institut der Techn. Hochschule (1913).
Lay, Dr. Aug., Oberreallehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Merkel, Dr. E., Reallehrer (1911).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908).
Mikuschka, Viktor, Betriebschemiker in Durlach (1914).
Millas-de-Urech, Frau Anna, Locarno (1913).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1900).
Müller, Dr. H., Dipl.-Ing. (1913).
Müller, Dr. L., Medizinalrat, prakt. Arzt (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Oberbaurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).

Nesselhauf, R., Oberbauinspektor in Tiengen (1906).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nopper, Herm., Professor am Mädchengymnasium (1910).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).
Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).
Pätz, Dr., Stabsveterinär (1913).
Paulcke, W., Professor der Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).
Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).
Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).
Pezoldt, O., Buchhändler (1903).
Pfützner, H., Geh. Hofrat, Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).
Racknitz, Freiherr von, Major (1910).
Rebmann, E., Geh. Hofrat, Direktor des Realgymnasiums (1902).
Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).
Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).
Reinach, M., Geh. Finanzrat (1907).
Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).
Reis, Dr. Alfr., Privatdozent der Chemie an der Techn. Hochschule (1912).
Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).
Richter, Dr. Rud., Professor (1913).
Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).
Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).
Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1870).
Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).
Roller, Prof. Dr., wiss. Hilfsarbeiter am Münzkabinet (1911).
Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).
Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).
Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).

Rupp, G., Professor und Regierungsrat, Vorstand der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).

Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).

Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).

Schachenmeier, Dr., Assistent der Physik an der Technischen Hochschule (1913).

Scheele, Apotheker (1908).

Schellenberg, R., Geh. Finanzrat, Ministerialdirektor im Finanzministerium (1899).

Scheurer, K., Hofmechaniker und Optiker (1877).

Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).

Schilling, Dr. Karl, Professor (1913).

Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).

Schmidle, W., Direktor der Oberrealschule in Konstanz (1908).

Schmidt, Emil, Ingenieur (1912).

Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).

Schmidt, W., Vorsteher des Pädagogiums (1910).

Schnebel, Ludw., Lehrer in Ziegelhausen (1915).

Scholtz, K., Corpsstabsveterinär (1905).

Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).

Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).

Schwaiger, Professor Dr.-Ing. Anton, a. o. Professor der Elektrotechnik (1911).

Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).

Schwörer, V., Geh. Oberregierungsrat, Ministerialrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1912).

Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).

Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).

Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).

Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).

Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).

Staudigl, Jos., Kammersänger (1913).

Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).

Steinkopf, Prof. Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).
Stöbe, Prof. an der Realschule in Bretten (1909).
Stoll, Dr. Herm., Oberförster in Forbach (1902).
Ströbe, Dr. F., Privatmann (1905).
Stutz, Ludw., Großh. Obervermessungsinspektor (1905).
Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).
Thoma, Dr., Professor in Ettlingen (1911).
Tolle, M., Hofrat, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).
Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).
Türk, W., Dipl.-Ing. (1909).
Ubbelohde, Dr. Leo, a. o. Prof. der Chemie an der Technischen Hochschule (1912).
Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).
Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892).
Wagner, Dr. E., Exzellenz, Konservator der Altertümer (**1864**).
Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).
Wagner, Leop., Prokurist (1899).
Wild, Dr. Lehramtspraktikant (1912).
Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).
Wilser, Dr. L., Privatgelehrter in Heidelberg (1881).
Wimmer, Dr. Em., Forstamtmann, a. o. Prof. an der Techn. Hochschule (1904).
Wohnlich, Dr. Em., Assistent an der Lebensmittelprüfungsstation (1909).
Wörnle, Dr., Privatdozent des Maschinenbaues an der Techn, Hochschule (1914).
Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).
Wundt, Dr. Emil, Chemiker (1912).
Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).
Zepf, Kas., Professor an der Baugewerkschule (1912).
Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).
Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Schriftleitung: Prof. Dr. Schultheiss.

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

749. Sitzung am 25. Oktober 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 46 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. G. Fuchs hielt einen Vortrag über »Die wissenschaftlichen Ergebnisse einer Sommerreise ins Engadin 1912«.

Vortragender schildert erst die geographischen, orographischen und kurz die geologischen Verhältnisse des Engadin, erörtert sodann seine klimatischen Besonderheiten, die es mit dem Wallis gemein hat, deren Gesamtwirkung insbesondere in dem hohen Hinaufsteigen der Wald- und Baumgrenze bis zu 2200 ja 2400 Meter über dem Meer zum Ausdruck komme. Dies Ineinanderwirken der geschilderten Verhältnisse bedinge besondere floristische und faunistische Erscheinungen. Eine der merkwürdigen Erscheinungen, die das Engadin in der Schweiz noch mit dem Wallis gemein habe und sich besonders durch die klimatischen Besonderheiten erklären lasse, seien die immer wieder auftretenden Massenvermehrungen des grauen Lärchenwicklers, der auch im Sommer 1912 wieder in starker Vermehrung aufgetreten sei und mit dem Wind auch die hohen Bergwände mit Höhen von über 3000 Meter überfliege, und sich so in andere Täler verbreite.

Des weiteren schildert Vortragender das Vorkommen einer großen Anzahl von Spechtringelbäumen um St. Jon bei Schuls und erläutert, wie es komme, daß der Specht manche Bäume, hier nur Föhren, ringele, daß anzunehmen sei, daß die Spechte, vornehmlich der große Buntspecht, die Bäume mit ringelnden Hieben bedecke, um deren Saft zu lecken und dies im Frühjahr zur Brunstzeit.

Sodann trägt Vortragender noch die Ergebnisse seiner Forschungen über die dort lebenden Borkenkäfer vor. Er beschreibt zu dem Zweck erst die Waldverhältnisse um Schuls (1200 Meter) und um Scarl (1814 Meter) und stellt fest, daß die Käfer aus der Gattung Ips, welche die Lärche und die, welche die Arve bewohnen, verschiedenen Arten angehören, trotz der Ansicht von Professor Keller aus Zürich, der beide in einer Art vereinigt hatte. Außerdem wird von der Auffindung einer neuen Art an der Fichte dort berichtet. Vortragender zeigt sodann eine Anzahl Lichtbilder aus dortiger Gegend, welche teils Spechtringelbäume darstellen, teils Waldbilder, teils Bilder der Gegend und Hochgebirgsaufnahmen.

Herr Professor Paulcke ergänzte die Ausführungen des Vortragenden noch dadurch, daß er eine Erklärung für den in das Bergell am Malajopaß erfolgenden Steilabsturz gab und Herr Professor Schultheiß erläuterte die eigentümliche Trockenheit des Engadins und den Malajawind, der entgegengesetzt zum Verhalten der Lokalwinde in anderen Alpentälern untertag talabwärts anstatt aufwärts weht und der seine Entstehung der starken Auflockerung der Luft in dem heißen Bergell verdankt.

750. Sitzung am 8. November 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 200 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann hielt einen Experimental-Vortrag über »Die Sichtbarmachung der Molekularstruktur von Kristallen durch Röntgenstrahlen«.

Wieder hat die Physik einen sehr wesentlichen Fortschritt zu verzeichnen! Herrn M. Laue in München (jetzt Zürich) ist geglückt, den Aufbau klar durchsichtiger Kristalle aus gleichartigen regelmäßig zusammengelagerten winzigen Partikelchen (Molekülen), deren Durchmesser nur etwa $^1/_{10}$ eines Milliontel Millimeters beträgt, gewissermaßen direkt zur Anschauung zu bringen mit Hilfe hindurchgesandter Röntgenstrahlen.

Zur Annahme einer solchen inneren Struktur auch der vollkommensten, wasserklaren Kristalle werden wir genötigt durch deren physikalisches Verhalten, doch fällt nicht nur dem Laien, sondern auch denjenigen, der sich eingehend mit Physik befaßt

hat, schwer, an diese völlig unsichtbare Struktur zu glauben, trotz aller Gründe, die dafür sprechen, denn nur das, was wir unmittelbar sehen können, pflegt völlig überzeugend zu wirken.

Es gibt etwa ein Viertelhundert strenger Beweise dafür, daß ein Kilogramm eines Körpers etwa 640/M Quadrillionen Moleküle enthalten muß, wenn M dessen Molekulargewicht ist, d. h. die Zahl, welche maßgebend dafür ist, in welchem Gewichtsverhältnis der Stoff sich mit andern chemisch verbindet. Nichtsdestoweniger spricht der vorsichtige Physiker immer nur von einer Molekularhypothese, und sucht dieser Hypothese auszuweichen, wo immer nur möglich. Viel sympathischer wäre ihm, er könnte alle Stoffe, so wie sie uns unmittelbar erscheinen, als durchaus zusammenhängende Medien ohne Poren (d. h. intermolekulare leere Zwischenräume) betrachten, doch muß er sich auch sagen, daß, wenn die Moleküle wirklich existieren, es verfehlt wäre, auf jener Annahme zu beharren; denn auch sie ist nur eine Hypothese und ihr Wert ist praktisch sehr gering einzuschätzen, denn sie ermöglicht ihm häufig nicht einmal die einfache Beschreibung der natürlichen Vorgänge, geschweige denn die Lösung seiner eigentlichen Aufgabe, die Vorausberechnung des Verhaltens der Stoffe in solcher Weise, wie sie der Techniker gebraucht, um darnach seine Maschinen und Anlagen aller Art so bauen zu können, daß sie sicher das leisten, was wir von ihnen erwarten.

Genau wie die Berechnung der Leistung einer Maschine genaueste Kenntnis aller ihrer Teile zur Voraussetzung hat, so bedarf auch der Physiker notwendig genauer Kenntnis der Molekularstruktur der Körper, vor allem der Kristalle, denn weitaus die meisten festen Körper sind nur Aggregate winziger, erst bei starken mikroskopischen Vergrößerungen sichtbarer Kriställchen.

Sollte es nun nicht möglich sein, mittelst des Mikroskops auch die Moleküle zur Anschauung zu bringen? Einen Stoff 1000 mal vergrößert zu sehen, ist mit Hilfe eines modernen Mikroskops eine Kleinigkeit; aber ein Molekül hat bei solcher Vergrößerung erst einen scheinbaren Durchmesser von einem zehntausendstel Millimeter, es entzieht sich somit noch immer völlig der Wahrnehmung. Vielleicht wäre aber die Technik imstande, noch stärker vergrößernde Mikroskope zu bauen. Tatsächlich stellt die Erfindung des Ultramikroskops einen Fortschritt in dieser Richtung dar, doch genügt es ebenfalls noch nicht, auch

gibt es keine richtigen Bilder und zwar aus einem eigentümlichen Grunde. Auch das Licht hat eine Struktur, so wenig wir davon unter gewöhnlichen Umständen wahrnehmen. Ein Lichtstrahl besteht aus abwechselnd entgegengesetzt gerichteten, in Abständen von etwa einem halben Tausendstel Millimeter auf einander folgenden elektrischen und magnetischen Feldern, welche mit einer Geschwindigkeit von 300 Millionen Metern pro Sekunde im Raume forteilen und nur da, wo sie auf Moleküle auftreffen eine Störung erleiden, die uns das Vorhandensein dieser Moleküle, d. h. eben der Körper, die sie bilden, erkennen läßt.

Richtige Bilder der Körper können wir nur erhalten, wenn diese bedeutend größer sind als die genannten Abstände der elektrischen Felder im Lichtstrahl, die sog. Wellenlänge des Lichtes. Für gewöhnliche mikroskopische Objekte trifft dies noch zu, keineswegs aber für die Moleküle, die bedeutend kleiner sind als Lichtwellen. Die moderne Physik hat nun eine Menge anderer Strahlenarten zutage gefördert, wie z. B. die Kathodenstrahlen, welche die Moleküle, auf die sie auftreffen, zum Leuchten bringen können. Würden wir beispielsweise Luft mit einer guten Luftpumpe so stark verdünnen, daß der mittlere Abstand der Moleküle etwa ein Zentimeter wäre, so müßte sie beim Durchgang eines Bündels Kathodenstrahlen im finstern Raum aus winzigen leuchtenden Sternchen zu bestehen scheinen, in durchschnittlichen Abständen von je einem Zentimeter. Tatsächlich trifft dies nicht zu, denn die Luftmoleküle bewegen sich immerfort und zwar mit einer Schnelligkeit, die der Geschwindigkeit von Flintenkugeln gleich kommt. Sowenig wir eine solche im Fluge sehen können, können wir die besprochenen leuchtenden Luftmoleküle einzeln wahrnehmen, wir sehen nur einen phosphorisch leuchtenden Nebel.

Mehr Erfolg könnte scheinbar die Verwendung von Röntgenstrahlen haben. Sie sind den Lichtstrahlen verwandt und haben den neuesten Untersuchungen von A. Sommerfeld in München zufolge, soweit überhaupt von einer Wellennatur gesprochen werden kann, eine Wellenlänge, die noch kleiner ist als der Durchmesser eines Moleküls. Im Prinzip wäre also wohl möglich, damit vergrößerte Bilder von Molekülen herzustellen; aber gerade wegen ihrer kleinen Wellenlänge erleiden sie beim Durchgang durch Linsen keine Brechung, wie sie zur Erzeugung eines

vergrößerten Bildes notwendig ist, die ganze Optik des Mikroskops versagt, selbst wenn wir Linsen aus dem das Licht am stärksten brechenden Medium, aus Diamant, verwenden. Die Bilder würden auch, eben weil die Wellenlänge nicht wesentlich kleiner ist als der Molekular-Durchmesser, durchaus unrichtig werden, mindestens so unrichtig wie die des Ultramikroskops, da sich in solchem Falle sogenannte Beugungserscheinungen einstellen.

Versucht man z. B. mittelst eines dünnen Lichtstrahls ein Schattenbild einer Nähnadel auf einem Schirm zu erzeugen, so findet man häufig gerade in der Mitte des Schattens, wo derselbe am dunkelsten sein sollte, eine helle Linie. Die Lichtstrahlen gehen nicht geradlinig an den Rändern der Nadel vorbei, sondern werden gebeugt. Verwendet man ein ganzes Gitter aus parallelen, gleichweit abstehenden Nadeln, so erhält man zu beiden Seiten des durch das durchgehende Licht veranlaßten Lichtflecks auf dem Schirm noch ziemlich weit abgebeugte seitliche Lichtflecke. Bei zwei rechtwinklig gekreuzten Gittern sind es Lichtpunkte und bei mehreren parallel hintereinandergestellten Kreuzgittern bleiben nur vereinzelte, dafür aber um so hellere Punkte übrig, die annähernd in Kreisringen um den zentralen Lichtfleck gruppiert sind. Aus ihrer Entfernung läßt sich der Abstand der Gitterkreuzpunkte berechnen, falls er nicht durch direkte Messung bekannt ist, und eine Probe ergibt leicht die Richtigkeit der Rechnung. Die Molekularstruktur eines Kristalls stellt nun ein ähnliches, nur feineres Raumgitter dar und somit ist zu erwarten, beim Durchgang eines Bündels Röntgenstrahlen werde eine ähnliche Beugungserscheinung auftreten, obschon die Kristallplatte völlig klar und durchsichtig ist und keine Anzeichen das Vorhandensein einer Gitterstruktur ohne weiteres ahnen läßt.

Das ist nun die wichtige Entdeckung von Laue und seiner Mitarbeiter, daß die vermutete Beugungserscheinung tatsächlich auftritt und daß die daraus berechneten Abstände der Moleküle ($^1/_3$ Milliontel Millimeter) sich in vollkommener Übereinstimmung befinden mit dem früheren Ergebnis, daß auf 1 Kilogramm 640/M Quadrillionen Moleküle gehen, falls M das Molekulargewicht der betreffenden Substanz bedeutet, woraus man z. B. weiter schließen kann, daß ein Wasserstoffmolekül $1^1/_2$ Tausendstel von einem Quadrilliontel Kilogramm wiegt, ein Molekül Sauerstoff 16mal soviel.

751. Sitzung am 22. November 1912

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 59 Mitglieder.

Vor Eintritt in die Tagesordnung beglückwünschte der Vorsitzende den anwesenden Herrn Dr. Otto Ammon mit freundlichen Worten zu seinem bevorstehenden 70. Geburtstag, wobei er erwähnte, daß der Jubilar, der als Vereinsmitglied beinahe in keiner Sitzung fehle, für seinen Eifer, sowie seine Beteiligung an den Erörterungen und seine regelmäßigen Sitzungsberichte in der Presse die Anerkennung des Vereins verdiene, was allgemeine Zustimmung fand. Für die warmen Wünsche ferneren Wohlergehens dankte der Gefeierte mit kurzen herzlichen Worten: In dieser zwanglosen Weise nehme er die Beglückwünschung gerne entgegen; er habe nur nicht gewollt, daß sich seinetwegen jemand besonders bemühe.

Herr Professor Dr. Auerbach hielt sodann einen Vortrag über das Thema: »Unsere Pelze, ihre Lieferanten und deren Verbreitung.«

Nach einer kurzen historischen Einleitung, aus der hervorging, daß das Kürschnergewerbe eines der ältesten auf der Erde ist, schilderte der Vortragende in knapper Form den Bau der Haut und der Haare, sowie den Einfluß, den Umgebung und Klima auf die Ausbildung des Haarkleides haben. Durch diese Schilderung lernen wir verstehen, warum die kostbarsten Pelze und die geschätzten Pelztiere fast ausschließlich in den kalten Regionen vorkommen, wenn uns auch die heißen oder doch gemäßigten Zonen einige Pelzlieferanten stellen, wie Skunks, Schweifbiber (Nutria), Opossum u. a.

Den Hauptteil des Vortrags machte die Besprechung der hauptsächlichsten Pelztiere und deren Verbreitung auf der Erde aus. An Hand eines reichen Materials, das in liebenswürdiger Weise von der Firma Lindenlaub zur Verfügung gestellt worden war, konnte der Vortragende die einzelnen Felle beschreiben, ihren Wert und die Zahl der jährlich durchschnittlich in den Handel kommenden Exemplare angeben. Eine Aufzählung der besprochenen Tiere kann hier natürlich nicht gegeben werden; wir wollen nur einige der wichtigsten hervorheben: Rotfuchs, Kreuzfuchs, Silber- und Schwarzfuchs, Polar- und Blaufuchs; Skunks, Waschbär, Marder, Zobel, Nörz, Hermelin, Sealskin, Fisch- und Seeotter; Biber, Nutria, Chinchilla, Persianer, Breitschwanz und

Astrachan. Ferner wurden auf die Imitation wie Seal-Bisam, Seal-Kanin, Zobel-Murmel usw. kurz hingewiesen und angegeben, wie man mit Hilfe des Mikroskopes auf den ersten Blick diese Nachahmungen von den echten Pelzen unterscheiden kann, selbst wenn nur ein einziges Haar untersucht wird. Daß in neuester Zeit die wertvollsten Pelztiere wie Silberfuchs, Blaufuchs, Zobel, Skunks u. a. vom Menschen zur Pelzgewinnung künstlich gezüchtet werden, wurde vom Vortragenden ebenfalls erwähnt.

Den Schluß der Ausführungen bildeten einige Hinweise auf die Aufbewahrungsarten der Pelze im Sommer und die Mittel, dieselben vor dem Angriff der Raubinsekten, wie Motten usw. zu schützen.

752. Sitzung am 6. Dezember 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 37 Mitglieder.

Herr Bergrat Naumann trug über »Das Rettungswesen im Bergbau« vor.

Der durch Lichtbilder unterstützte Vortrag nahm von der Unfallgefahr im Bergbau und zwar besonders von der Schlagwettergefahr seinen Ausgang. Die verschiedenen Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen wurden einer Betrachtung unterzogen, und die verhängnisvollen Wirkungen der hierbei gebildeten Nachschwaden besonders hervorgehoben. Die Entfernung der betäubten Personen aus diesen giftigen Gasen, wie sie auch bei Flötzbränden auftreten, neben der Beseitigung mechanischer Hindernisse, die den Gefährdeten den Fluchtweg abschneiden, wurde als eine der wichtigsten Aufgaben im bergbaulichen Rettungsdienst bezeichnet. Als weitere Aufgabe der Rettungsmannschaften wurde auch die vorbeugende, verhütende Tätigkeit, wie beispielsweise das Setzen von Branddämmen, erwähnt.

Redner behandelte weiter die Ausrüstung des Rettungsmanns, vor allem die verschiedenen Arten von Apparaten, die ihm den Aufenthalt in unatembaren Gasen gestatten: Die Schlauchapparate, die Behälterapparate mit flüssiger Luft, die Regenerationsapparate der Drägerwerke in Lübeck und der Westfalia in Gelsenkirchen, wie auch die Pneumatogene kamen zur Darstellung. Ferner wurden auch die Vorrichtungen zum Transport Betäubter (Schleif-

bretter mit Sauerstoffapparaten) wie auch die Wiederbelebungsapparate behandelt. Schließlich nahm die Organisation des Rettungswesens im Rahmen des Vortrags einen größeren Raum in Anspruch. Die oberschlesische Zentrale für Rettungswesen in Beuthen wurde besonders ausführlich besprochen, der Wert der Rettungsübungen eingehend gewürdigt. Mit einem Blick auf die Einrichtungen des Auslands und einigen Bildern amerikanischer Rettungsübungen wurde der Vortrag geschlossen.

753. Sitzung am 20. Dezember 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend: 28 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Haid hielt einen Vortrag über: Gezeiten und physikalische Konstitution des Erdkörpers.

754. Sitzung am 17. Januar 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 58 Mitglieder.

Herr Professor Dr. Sieveking hielt zunächst einen Vortrag über die elektromagnetische Lichttheorie. Der Vortragende entwickelte die Grundgleichungen des elektromagnetischen Feldes und gab eine genaue Darstellung der modernen Anschauungen über die Vorgänge, die eine elektromagnetische Störung begleiten. Der Vortrag war gedacht als eine Einleitung zu der Theorie bewegter Systeme. Hier reichen die Hertz-Maxwellschen Vorstellungen nicht mehr aus. Die quantitative Dissonanz der beobachteten Effekte mit der Theorie zwingt zu Modifikationen, die zuerst von H. A. Lorentz entwickelt wurden. Die neuere Relativitätstheorie löst einige der Widersprüche, doch sind in letzter Zeit schwerwiegende Argumente gegen diese bekannt geworden. Darüber zu sprechen, soll einem zweiten Vortrag vorbehalten bleiben.

Oberstleutnant a. D. Schuster sprach über Beziehungen der 18.6jährigen Periode der Mondknoten, des sog. Mondzirkels, zu einer Periode der Sonnenflecken und einer solchen der Kometenbewegung.

An eine kurze Einleitung über die Sonnenflecken und ihre verschiedenen Perioden knüpfte er die Bemerkung: Es beständen zwar verschiedene Beziehungen zwischen letzteren Perioden und periodischen Erscheinungen auf unserer Erde, z. B. dem Erdmagnetismus und den Nordlichtern, doch seien diese, soweit ihm bekannt, rein sta-

tistischer Natur. Im Lauf seiner Mondarbeiten sei er nun auf die im Thema benannten Beziehungen gekommen, welche, wie er bestimmt glaube, uns Aufschluß über die Vorgänge im Weltraume geben können.

Nach Erklärung der komplizierten, wenig bekannten Bewegung der Mondbahnebene im Mondzirkel zeigte er an Mittelkurven, wie diese Bewegung im Lauf von 18.6 Jahren eine auffallende Vierschwankung in den Jahresmitteln des Luftdruckes, der Temperatur, der Regenmenge und entsprechend im Wasserstand der Ströme, zur Folge habe.

Durch den Physiker Professor Dr. J. Schneider-Darmstadt auf eine Arbeit von Professor P. Reis: „Die periodische Wiederkehr von Wassernot und Wassermangel im Zusammenhange mit den Sonnenflecken, den Nordlichtern und dem Erdmagnetismus" aufmerksam gemacht, sei der Gedanke nahe gelegen, daß, wenn ein Zusammenhang bestehe zwischen den auffallenden Perioden der Regenmengen und denen der Sonnenflecken nach P. Reis einerseits, andererseits aber, nach seinen Untersuchungen, mit der 18.6jährigen Periode des Deklinationswechsels der Mondbahnebene, daß dann auch, in Anlehnung an den bekannten Satz: Sind zwei Größen einer Dritten gleich, so sind sie sich selber gleich, — soweit er eben auf sinnliche Wahrnehmungen zutreffen könne — ein Zusammenhang zwischen den Perioden der Sonnenflecken und der 18.6jährigen Mondsperiode wahrscheinlich sein. Und ein direkter Vergleich der nach Professor Wolfs Relativzahlen aufgetragenen Kurve der Sonnenflecken mit einer, der 18.6jährigen Mondsperiode entsprechenden Wellenlinie ergab in der Tat eine in die Augen springende Übereinstimmung beider Perioden vom Anfang um 1735 bis etwa 1783, dann ein Anwachsen der Periodenlänge bei den Sonnenflecken bis zum Jahre 1810, eine Wiederabnahme derselben bis etwa 1833, worauf sich nochmals die ursprüngliche Übereinstimmung einstellt.

Die Annahme des Vortragenden, es könnten in der Zeit von 1783 bis 1833, vielleicht durch Interferenzwirkung anderer Wellensysteme, zwei Fleckenperioden ausgemerzt worden sein, wurde später gestützt, als ihn ein privater Mondforscher, Apotheker Schwindt-Bremen, auf die von der K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien veröffentlichten Arbeiten des Bürgerschuldirektors Unterweger aufmerksam machte, nach welchem sich aus der Anzahl der in einem Jahr die Sonnennähe passierenden Kometen und dem Nei-

gungswinkel deren Bahnebene eine Funktion berechnen läßt, welche, angetragen, zwar, wie Unterweger behauptete, eine große Verwandtschaft mit dem periodischen Gang der Sonnenflecken zeigt, aber in weit höherem Maß als diese die 18.6jährige Mondsperiode befolgt, so daß sich in der betreffenden Kurve auch die bei den Sonnenflekken vermißten beiden Wellen deutlich vorfinden.

Das hierauf aus den fast einen Zeitraum von 160 Jahren umfassende Sonnenflecken- und Kometenfunktionszahlen mit 18.6jähriger Periodenlänge gebildete Hauptmittel ergab dann auch in beiden Fällen Doppelperioden von bemerkenswerter Regelmäßigkeit.

Weitere Kurvenbilder ließen noch ersehen, wie die Sonnenflecken-Relativzahlen eine kontinuierliche Reihe von Perioden, von der 8.5jährigen bis zur 11jährigen ergeben, welche von der 9.3jährigen Periode ab an Bestimmtheit zunimmt und unmittelbar nach der 11jährigen Periode erlischt.

Die entsprechende Reihe von Mitteln aus der sog. Kometenfunktion zeigt in der 9.3jährigen Periode, also der 18.6jährigen Doppelperiode, die beste Rgelmäßigkeit.

Aus der ganzen Untersuchung leitete der Vortragende folgendes ab: Wenn der Mond, wie deutlich nachgewiesen, die verschiedensten Wellensysteme erzeugt, welche, abgesehen von denen, aus anderen Ursachen, sich so rein erhalten, daß sie theoretisch zu trennen und nachzuweisen sind, — wovon die Tatsache eine Vorstellung geben kann, daß ein starker elektrischer Wellenstoß durch das atmosphärische Gewirre auf tausende von Kilometern dringt und seine Eigenart behält, so daß er dort, eben vermöge dieser Eigenart, die Arbeit des Telegraphierens verrichten kann — so muß, schon im Hinblick auf das Energiegesetz, angenommen werden, daß auch die Erde auf den Mond, durch den Raum hindurch, eine Resonanzwirkung ausübt, die natürlich einen der Schwingung fähigen Äther voraussetzt. Besteht aber zwischen dem Mond und der Erde ein solches Wechselverhältnis, so ist es zwischen allen Weltkörpern ganz natürlich.

Die Übereinstimmung im Hauptmittel der Kometenfunktion mit der 18.6jährigen Mondperiode bedeute dann, daß die Bewegung der Weltkörper in ihrem periodischen Erscheinen und der Neigung ihrer Bahnebene, die Einwirkung eines großen Gesetzes, des der Attraktion, durch Wellenstöße verschiedener Stärke ausgeübt, verrate, welche Stöße diese Körper wieder nach der Sonne zurückgeben müs-

sen und den bildlichen Ausdruck für diese Vorgänge sehe er in den Sonnenflecken.

Wenn er hier eine Ansicht vertreten hat, von welcher sich bisher kaum ein Sterblicher hätte etwas träumen lassen, so wage er dies, weil er auf ganz anderem Wege ebenfalls zur Erkenntnis gekommen sei, daß das Wesen der Massenanziehung durch den Raum hindurch nur unter der Voraussetzung eines der Schwingung fähigen, also materiellen Äthers verständlich gemacht werden könne.

Der Vorsitzene, Geheimer Hofrat O. Lehmann, dankte dem Vortragenden für seine Mitteilung und der Mühe, die er sich zur Feststellung der vermuteten Beziehungen gegeben hat, mit Hinweis darauf, daß das Aufsuchen von Zusammenhängen auf empirischem Wege, wie das Beispiel Keplers beweist, dessen Erforschung der Planetenbewegung zur Erkenntnis des Gravitationsgesetzes führte, für die Wissenschaft von großem Werte sein kann. Wie gerade dieses Beispiel zeigt, erlangen die Resultate aber eben erst dann wirklichen Wert, wenn auf Grund der so erhaltenen Hypothesen Vorausberechnung der Erscheinungen möglich wird; denn diese eben ist die eigentliche Aufgabe der Wissenschaft. Man muß sich auch hüten, aus quantitativen Beziehungen sofort auf kausale Zusammenhänge zu schließen. So kann man z. B. aus den verschiedenartigsten Erscheinungen, die in gar keiner inneren Beziehung stehen, wie in einem der letzten Vorträge gezeigt wurde, mathematische Ausdrücke für die Molekülzahl pro Kilogramm ableiten. Indem man alle Ausdrücke einander gleich setzt, erhält man quantitative Beziehungen zwischen jenen Erscheinungen, denen kein direkter kausaler Zusammenhang entspricht. Ein wesentliches Erfordernis wissenschaftlicher Behandlung ist ferner das, daß nicht Anschauungen, die die Wissenschaft längst als irrig verworfen hat, wie z. B. die Existenz mechanischer Wellen im Äther, wie sie die alte Undulationstheorie des Lichtes annahm, ohne Gegenbeweis und ohne Hinweis auf die bestehende Literatur ohne weiteres als zulässig vorausgesetzt werden. Ebensowenig gestattet wissenschaftliche Behandlung die Außerachtlassung der neuen Forschung auf dem betreffenden Gebiet. Beispielsweise liegen über die Gravitation eine Menge Arbeiten aus letzter Zeit vor, in welchen nicht nur Hypothesen aufgestellt, sondern quantitativer Prüfung an den Tatsachen unterworfen werden. Solche, den Anforderungen der Wissenschaft entsprechende, mit großer Sorgfalt durchgeführte Arbeiten dürfen nicht einfach als nicht vor-

handen betrachtet oder als unwesentlich übergangen werden. Vermutlich sind sie dem Herrn Vortragenden nicht bekannt geworden. Die kurze zur Verfügung stehende Zeit würde allerdings ein Eingehen auf deren Inhalt unmöglich machen.

755. Sitzung am 31. Januar 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend sehr viele Mitglieder.

In Anwesenheit Seiner Königlichen Hoheit des Großherzogs berichteten die Herren Geheimerat Dr. Engler, Professor Dr. Ebler (Heidelberg) und Professor Dr. Skita über den 8. internationalen Kongreß für angewandte Chemie.

756. Sitzung am 14. Februar 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 53 Mitglieder.

Herr Dr. Reis sprach: Über die neuere Entwicklung unserer Kenntnis der Flammen. An die Untersuchung der Verbrennungsvorgänge, die zu Ende des 18. Jahrhunderts von Scheele, Priestley, Lavoisier unternommen wurde, knüpft sich der Beginn einer wissenschaftlichen Chemie. In Flammen spielen sich heftige chemische Vorgänge zwischen Gasen ab, die gewöhnlich zu starker Erhitzung und zum Leuchten führen. Der chemische Vorgang ist in den üblichen Flammen die Oxydation brennbarer Stoffe durch elementaren Sauerstoff. Andere Flammen (z. B. Chlorflammen) haben keine allgemeinere Bedeutung erlangt. Die wichtigsten Schritte in der Erforschung der Flammen waren: die Messung der Verbrennungswärmen durch Berthelot und durch Julius Thomsen, die Einführung des Bunsenbrenners, der ein fertiges, gleichförmiges Gas-Luftgemisch der Verbrennung zuführt, die Ausbildung von Messungsmethoden für hohe Temperaturen (Thermoelemente, optische Pyrometer) die Messung der Drucke, die bei Explosionen in geschlossenen Gefäßen auftreten, die Untersuchung der Unvollständigkeit der Verbrennung bei hohen Temperaturen. Über alle diese Fragen sind wir heute in befriedigender Weise unterrichtet. Dagegen ist über den Mechanismus des Verbrennungsvorganges und über die Geschwindigkeit seines Verlaufes nur unzureichendes bekannt. Wichtige Beiträge zur Kenntnis dieser Fragen lieferten die Untersuchungen über Entzündungstemperatu-

ren, Explosionsgrenzen (Eitner), Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionen. Besonders interessant sind die Versuche, die durch Druckerhöhung das Gas auf die Entzündungstemperatur erwärmen.

Sicher sind nicht alle Tatsachen aus Temperatur und Zusammensetzung der verbrennenden Gase abzuleiten, vielmehr herrschen in Flammen besondere „nicht thermische" Einflüsse. Darüber ist durch Habers Arbeiten über den Innenkegel der Bunsenflamme einiges bekannt geworden. Dieser übertrifft bei weitem an Leuchtkraft (Chemilumineszenz) elektrischer Leitfähigkeit und hoher chemischer Reaktionsgeschwindigkeit das aus ihm entströmende Gas. Die Ähnlichkeit zwischen Flammen und elektrischen Entladungen tritt in Habers Arbeiten sehr deutlich hervor. Die Haberschen Methoden sind noch weiterer Anwendung fähig, besonders zur Lösung von Problemen der chemischen Spektroskopie.

757. Sitzung am 28. Februar 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 34 Mitglieder.

Herr Dr. Wilser (Heidelberg) machte verschiedene interessante Mitteilungen; er sprach zunächst über „Den klugen Hund von Mannheim", ein Beitrag zum Verständnis der Tierseele. Die auffallenden geistigen Fähigkeit dieses Tieres, eines zweijährigen Terriers, das einem Bekannten des Vortragenden gehört, wurden ganz zufällig, während einer Rechenstunde der Kinder, entdeckt. Ein besonderer Unterricht hat nicht stattgefunden; nach und nach hat ihm seine Herrin, die durch ein Leiden an den Rollstuhl gefesselt ist, immer schwierigere Aufgaben gestellt. Durch einen glücklichen Zufall war bei der ohne jede Voreingenommenheit und mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommenen Prüfung des Hundes auch Herr Krall, der Besitzer der vielbesprochenen Elberfelder Pferde, zugegen, dessen Mitteilungen über die ähnlichen Leistungen seiner eigenen Zöglinge sehr wertvoll waren. Wenn auch der Vortragende als Verteidiger einer von jeder Übertreibung und Einseitigkeit freien Entwicklungslehre von jeher der Ansicht war, daß sich der tierische von dem menschlichen Verstande nicht dem Wesen, sondern nur dem Maße nach unterscheidet, so mußte er doch, nach der Bekanntschaft mit dem alle Erwartungen weit übertreffenden Hund „Rolf" gestehen, daß er früher die Kluft zwischen Men-

schengeist und Tierseele für viel weiter und tiefer gehalten hatte. Es wurden nun einige der erstaunlichen Leistungen des klugen Tieres mitgeteilt, dabei aber auf das Selbstbeobachtete das größte Gewicht gelegt. Zur Beantwortung der Fragen dient eine von der Frau des Hauses in gemeinsamer Arbeit mit ihrem gelehrigen Schüler aufgestellte Buchstabiertafel, mit einer bestimmten Zahl für jeden Buchstaben, die durch Pfotenschläge, Zehner und Einer für sich, angegeben wird; für häufig vorkommende Wörter, wie „ja' und „nein" sind besondere Zahlen, 2 und 3, vereinbart. Vorgesprochene Wörter, z. B. die Namen Krall und Wilser, gibt der Hund richtig wieder, wobei allerdings verwandte Laute manchmal verwechselt und Vokale ausgelassen werden. Geldstücke unterscheidet er mit Sicherheit und gibt das Metall des einzelnen, sowie ihren Gesamtwert an, in unserem Falle 11 Mark und 11 Pfennige durch vier Pfotenschläge, je einen für die Zehner und Einer der Mark, je einen für die der Pfennige. Allerlei Gegenstände, wie Fleischstückchen auf einem Teller, verschiedenfarbige Blumen in einem Strauß, werden richtig gezählt. Das Überraschendste aber sind die — offen gestanden unerklärlichen — Lösungen schwieriger Rechenaufgaben, wie Quadrat- und Kubikwurzeln. Auf die Frage: „Was sagst du den Herrn zum Abschied?" buchstabierte Rolf: ad, auf die andere, ob ihm seine neueste Photographie gefalle, antwortete er mit „nein", warum nicht? Frau: das kluge Tier vermißt die Farbe. Daß solche Erfahrungen dem Seelenforscher neue Rätsel aufgeben, wird niemand bestreiten.

Die Steinzeitvölker Schwedens und Dänemarks hat Wilser schon vor 10 Jahren besprochen in seinem Vortrag über „Die Rasse des schwedischen Volkes", damals hauptsächlich auf die nach Inhalt und Ausstattung die Bezeichnung „Prachtwerk" verdienenden „Crania suecica antiqua" von Retzius sich stützend. Seitdem sind in Schweden neue Funde gemacht, die dänischen übersichtlicher zusammengestellt und besser beschrieben worden. (Nilsen, Beiträge und Weitere Beiträge zur Anthropologie Dänemarks in der Steinzeit, Jahrb. 1906 und 11). Die schwedischen Knochenfunde, aus den drei südlichen Landschaften Schonen, Bohuslän und Westgotland, sowie von den Inseln Öland und Gotland stammend, sind von Profesor Fürst in Lund, dem Mitarbeiter von Retzius, in mustergültiger Weise abgebildet und beurteilt worden. (Zur Kraniologie der schwedischen Steinzeit, Verh. d. K. Schw. Ak. 49, 1). Es handelt sich um Überbleibsel von etwa 120 Men-

schen jeden Alters und Geschlechts, darunter 28 meßbare Schädel, wozu die 42 von Retzius beschriebenen und 158 dänische kommen. Mehr als $^1/_3$ der altschwedischen Schädel haben einen Index von 74—76, von welcher Mitte die Zahlen nach beiden Seiten, aber nach oben schneller als nach unten, abfallen: die Langschädeligkeit springt in die Augen. Demgegenüber lassen die Schädel von den dänischen Eilanden (kein einziger stammt aus Jütland) eine bedeutend stärkere Beimengung von Rundköpfen (26, bezw. 8 v. H.) erkennen; schlägt man aber die südlichste schwedische Landschaft, Schonen, zu Dänemark, so ändert sich das Verhältnis für dieses kaum; ein deutliches Zeichen, von woher die rundköpfige Menschenart (Homo brachycephalus) gekommen ist. Sehr bemerkenswert ist der Umstand, daß in der Eisenzeit (aus der Bronzezeit sind wegen der damals üblichen Leichenverbrennung nur wenige Schädel erhalten) die Langköpfe weit mehr überwogen, und zwar in Dänemark noch auffallender als in Schweden. Ich kann darin, im Gegensatz zu Fürst, kein Zeichen eines Rassenwechsels, einer „Veränderung" der Steinzeitvölker erblicken, auch keine andere Auslese der Bestatteten, sondern erkläre mir die Tatsache so, daß in dieser Zeit, die in der Hauptsache ja mit der der indogermanischen Wanderungen zusammenfällt, die nordische Rasse (H. europaeus) wegen starker Vermehrung von einem wichtigen Ausdehnungsdrang ergriffen war und gerade durch die unablässig von ihr ausgehenden Wanderscharen ihr Blut reiner als sonst erhielt. In der Steinzeit sind die Rundköpfe in Dänemark wieder viel zahlreicher als in Schweden (33 gegen 13 v. H.). In Schonen (Hoellinge) wie auf Seeland findet sich der „Borreby-Typus", hochgewachsen, aber rundköpfig, offenbar einer Kreuzung von H. europaeus mit brachycephalus entstammend. Die nordischen Anthropologen gebrauchen leider immer noch den durch einen Fundort näher bezeichneten Ausdruck „Typus" statt der naturwissenschaftlich allein richtigen lateinischen Doppelnamen. Auch verschiedene Verletzungen, bezw. chirurgische Eingriffe sind festgestellt, so unter den dänischen Funden mehrere Trepanationen, unter den schwedischen ein gut geheilter Schenkelbruch, ebenso Mißbildungen, wie ein Auswuchs des obersten Halswirbels, der eine falsche Gelenkfläche ins Hinterhauptsbein eingeschliffen, ein offen gebliebenes Kreuzbein (Spina bifida ossis sacri) und dergl.

Die Entdeckung vormenschlicher Gebeine in England (bei Piltdown in Sussex) war für den Vortragenden

nicht überraschend, denn er hatte ja stets darauf hingewiesen, daß dieses ursprünglich die verbindende Brücke zwischen der nordischen Urheimat des Menschengeschlechts und dem europäischen Verbreitungsgebiet des Urmenschen (H. primigenius) bildende Land noch bedeutsame Aufschlüsse über unsere Vorgeschichte liefern würde. In der Tat haben die letzten anderthalb Jahre zwei hochwichtige derartige Funde gebracht, der von Ipswich, ein Gerippe einer schon höher entwickelten Menschenart (H.mediterraneus foß.), das aber unter dem Geschiebelehm (bouldon clay) der größten Eiszeit lag, und der von Piltdown, die rechte Hälfte eines Unterkiefers, die linke eines Schädels, von so altertümlicher Bildung, daß sie nach des Vortragenden Ansicht nicht mehr zur entwicklungsgeschichtlich ältesten Menschenart (H. primigenius) gehören, sondern einer europäischen Art der Gattung „Vormensch" (Proanthropus europaeus) zugeschrieben werden müssen.

An diese Vorträge schloß sich eine rege Besprechung an, die hauptsächlich die geistigen Eigenschaften an Tieren zum Gegenstand hatten.

758. Sitzung am 25. April 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 49 Mitglieder.

Im großen Hörsaal des Chemischen Insitutes der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. L. Klein einen durch zahlreiche Lichtbilder anschaulich gemachten Vortrag über: Dendrologische Merkwürdigkeiten von Karlsruhe und dessen nächster Umgebung.

759. Sitzung am 9. Mai 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 27 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. Vogt hielt zuerst einen Vortrag über „Bau und Ökonomie der Bienenzelle". Der Bau der Honigbiene hat von je die Phantasie der Naturfreunde, die Gedanken der Naturforscher und Geometer auf sich gelenkt. Dem Wunsch der theologischen Naturauffassung, hinter der einzelnen Erscheinung eine zweckvolle Intelligenz zu finden, nicht der exakten Beobachtung entspringt im Anfang des 18. Jahrhunderts ein Mythus über die Genauigkeit und Zweckmäßigkeit des Bienenbaues, der noch

heute populäre und vielfach auch wissenschaftliche Bücher beherrscht. Die Form der Bienenzelle wird auf Grund angeblicher Messungen des Astronomen Maraldi und auf Grund einer Berechnung des Mathematikers König für diejenige gehalten, welche bei größtem Inhalt die kleinste Oberfläche benutzt; die Bienen haben als Bauprinzip die möglichste Wachsersparnis und haben diesen Zweck in der Form der Zelle bestehend aus einer sechsseitigen prismatischen Säule und einem dem Rhombendodekaeder entnommenen pyramidalen Abschnitt aufs genaueste erreicht. Mit dieser Meinung, an die sich eine ganze Legende knüpft, räumt ein Büchlein, H. Vogt, Geometrie und Ökonomie der Bienenzelle, Breslau 1910, gründlich auf, das durch wirliche Messungen die tatsächlichen Schwankungen an den Bienenzellen nachweist — der Winkel der Pyramidenebenen schwankt um 20 Grad —, und zeigt, daß das Mittel nicht bei den von Maraldi geforderten 120 Grad, sondern bei 114 Grad liegt. Die Königsche Berechnung fällt hin, denn die Wanddicken sind ungleich, die Kanten sind verstärkt. Diejenige Zellform, welche unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse das meiste Wachs sparen würde, ist von der wirklichen Zellform noch weiter entfernt als die von Maraldi gewünschte, und überdies würde selbst bei Ausführung dieser Form die geringe Wachsersparnis verschwinden gegenüber dem sonst durch Unregelmäßigkeiten vergeudeten Wachs. Gibt man dennoch zu, was aus phylogenetischen Gründen wahrscheinlich erscheint, daß die Bienen dem Maraldischen Typus, bei dem nur Ebenenwinkel von 120 Grad auftreten, zustreben, so erscheint es möglich, aus dem Grade der Genauigkeit, mit welcher der Typus erreicht wird, Schlüsse auf die Gesetzmäsigkeit zwischen Reiz- und Empfindungsunterschiede der Biene zu ziehen, wie es für Tierseelen selten möglich sein wird.

Darauf berichtet Herr Profesor Dr. H. Hausrath über einige Versuche, die er zur Aufklärung der Schüttekrankheit der Kiefer ausgeführt hat. Bei dieser Krankheit vertrocknen die Nadeln, wobei sie sich lebhaft rot färben. In der neuesten Zeit war in der Literatur von dem verstorbenen Münchener Forscher Mayr und anderen die Ansicht vertreten worden, daß die Schütte immer nur durch einen Pilz — Hysterium pinastri — hervorgerufen wurde. Dem Vortragenden ist es gelungen, durch Einsetzen von Pflanzen in eine Gefrierkiste bei gleichzeitiger Steigerung der Verdunstung typische Schütteerscheinungen unter Ausschluß von Pilz-

infektion zu erzielen. Damit ist erwiesen, daß es neben der viel gefährlicheren Pilzschütte auch eine Vertrocknungsschütte gibt, die, wie Ebermayer schon vor 40 Jahren ausführte, dann auftritt, wenn der Boden gefroren ist, die Nadeln aber durch intensive Besonnung zu starker Verdunstung angeregt werden. Es entsteht dann ein Mißverhältnis zwischen Wasseraufnahme durch die Wurzeln und Verdunstung, infolge dessen die Nadeln vertrocknen.

Zum Schluß berichtete Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann „Über künstliche Edelsteine". Künstliche Edelsteine werden hauptsächlich aus reiner, aus Alaun und Ammoniak gewonnenen Tonerde hergestellt. Das feine Pulver wird durch ein auf elektrischem Wege beständig geschütteltes Sieb in eine Knallgasflamme eingeführt, in welcher die Teilchen schmelzen. Die Flamme ist gegen einen bleistiftdicken Tonstift gerichtet, an welchen sich die Tröpfchen ansetzen und zu einem einzigen Kristall vereinigen, der mit der Zeit immer größer wird. So erhält man farblosen Saphir. Wird etwas Chromoxyd zugesetzt, so entsteht roter Rubin. Gelber Saphir wird durch Zusatz von Nickel erhalten, blauer durch Zusatz von Eisenoxyd und Titansäure, blauer Spinell durch Färbung mit Kobalt und Alexandrit mit Vanadin. Die Methode ist von Verneuil 1891 ersonnen und wird heute vielfach angewendet, bei uns namentlich in Idar und Bitterfeld. Jeder Apparat liefert pro Tag einen Kristall im Gewicht von 1—5 Gramm (5—25 Karat), doch lassen sich auch solche bis 15 Gramm herstellen. Die besten sind von natürlichen nicht zu unterscheiden und werden zu Schmucksachen verwendet, die weniger schönen finden ausgedehnte Anwendung in der Uhrenindustrie und Elektrotechnik. Die Preise sind bedeutend niedriger als die der natürlichen Steine. Im kleineren kostet das Karat (5 Gramm) etwa 8 Mark.

760. Sitzung am 23. Mai 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. K. Fajans hielt einen Vortrag über: „Das periodische System im Licht der radioaktiven Umwandlungen", in dem er eine neue von ihm entwickelte Theorie auseinandersetzte. Den Ausgangspunkt bildet die vor Kurzem gelungene Einreihung der radioaktiven Elemente in das periodische System. Es zeigte sich dabei, daß, was uns chemisch als ein

Element erscheint, in Wirklichkeit ein Gemisch von mehreren Elementen darstellt, die zwar chemisch nicht zu unterscheiden sind, aber durch ihre radioaktiven Eigenschaften wie die Strahlung und vor allem die verschiedene Lebensdauer als verschiedene Individuen charakterisiert werden. Da solche chemisch ähnliche Elemente ein verschiedenes Atomgewicht besitzen, stellt das Atomgewicht des Gemisches einen Mittelwert vor. Es ist nun nicht unwahrscheinlich, daß dasselbe für alle Elemente gilt, d. h. daß auch sie Gemische von mehreren chemisch sehr ähnlichen Elementen mit verschiedenem Atomgewicht sind, so daß die Atomgewichte der gewöhnlichen Elemente vielleicht nur Mittelwerte darstellen. Auf Grund dieser Annahme lassen sich viele Schwierigkeiten, die die Deutung des periodischen Systems bis jetzt bot, leicht überwinden.

761. Sitzung am 6. Juni 1913.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 200 Mitglieder.

Der Schriftführer erstattete zuerst den Tätigkeitsbericht über das abgelaufene Vereinsjahr, danach gab der Rechner den Kassenbericht. Nachdem beiden durch den Vorsitzenden der Dank des Vereins für ihre Mühewaltung ausgesprochen war, wurde ihnen Entlastung erteilt.

Herr Kaufmann Beil hielt darauf einen Lichtbildervortrag über: „Die Geschichte der Karlsruher Gartenanlagen".

762. Sitzung am 20. Juni 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 115 Mitglieder.

Herr Prof. Dr. Hausrath hielt einen Vortrag über: „Drahtlose Telegraphie".

Der Vortragende erläuterte zuerst den physikalischen Vorgang im elektrischen Schwingungskreis, wobei er besonders auf den wesentlichen Unterschied zwischen dem geschlossenen Schwingungskreis (Kondensatorkreis) und dem offenen (Hertzschen Oszillator und Resonator) hinwies. Der erstere ist geeignet, intensive elektrische Schwingungen von schwacher Dämpfung zu erzeugen, vermag aber nicht elektrische Energie in den Raum auszustrahlen oder

aus ihm aufzunehmen, der letztere ist hierfür besonders geeignet, kann aber für sich allein nicht in geeigneten Schwingungszustand versetzt werden. Hieraus ergibt sich der Vorteil des Braunschen Systems, bei dem ein geschlossener Kreis als Schwingungserzeuger mit einem offenen, der Antenne, als Strahler verbunden („gekoppelt“) wird, während Marconi im Anschluß an die Hertzschen Laboratoriumsversuche beide Vorgänge in der Antenne vereinigte.

Die Kopplung zweier Kreise gibt aber zu Schwebungen Anlaß, indem die Energie zwischen den gekoppelten Kreisen hin- und herpendelt und sich dabei hauptsächlich im Funken des Kondensatorkreises nutzlos verzehrt. Außerdem hat sie zur Folge, daß die Antenne gleichzeitig zwei Wellen von verschiedener Länge aussendet. Die Länge dieser Wellen ändert sich mit der Stärke der Kopplung und wegen der scharfen Resonanz, die zwischen der Eigenschwingung der Empfangskreise und den durch die Wellen in ihnen erregten Kräften hergestellt werden muß, um große Empfindlichkeit und Störungsfreiheit des Empfangssystems zu erzielen, kommt immer nur eine im Empfänger zur Wirkung.

Dieser Nachteil wird durch Verwendung der sogenannten Löschfunkenstrecken beseitigt, die in dem Moment auslöschen, wo die Energie zum ersten Mal aus dem Kondensatorkreis in den Antennenkreis hinübergeschwungen ist und den ersteren dadurch abkoppeln. So wird ein Zurückpendeln der Energie verhindert, die nun in der Antenne eine einwellige, im wesentlichen nur durch die erwünschte Wellenaussendung gedämpfte Schwingung erzeugt. Ein weiterer Vorteil der Löschfunkenstrecken besteht darin, daß die in der Sekunde übergehende Funkenzahl und damit, abgesehen von einer Vermehrung der Schwingungsenergie, die Höhe des Tons, den der Beobachter auf der Empfangsstation vernimmt, von ca. 30 auf ca. 1000 gesteigert werden konnte. Der charakteristische Ton, der so entsteht, ermöglicht eine deutliche Unterscheidung selbst schwacher Zeichen von den durch atmosphärische Störungen bedingten Geräuschen und eine weitere Selektion der Zeichen der korrespondierenden Station gegenüber gleichzeitig hörbaren fremden Stationen. Diese Vorteile werden besonders in dem modernen Vieltonsystem ausgenützt, bei dem viele Töne durch eine Klaviatur erzeugt und so verabredete musikalische Signale gegeben werden können.

Die Erscheinungen wurden durch Demonstrationen erläutert und das Wesentliche auch denjenigen, die derart komplizierte elek-

trische Vorgänge nicht verstehen können, durch mechanische Schwingungsmodelle wenigstens im Gleichnis vorgeführt. Die Modelle selbst sind vom Vortragenden konstruiert und bisher noch nicht veröffentlicht worden.

763. Sitzung am 18. Juli 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 46 Mitglieder.

Herr Geheimerat Dr. Engler berichtete über die in der Nähe des Bahnhofs Krozingen erbohrte Thermalquelle. Schon im Jahr 1909 war im Elsaß in einer Tiefe von 938 Metern eine sehr starke, durchschnittlich 66 Grad heiße Springquelle von nachhaltiger Ergiebigkeit erbohrt worden. Am 26. November 1911 sprang auch aus einem nach dem Vorschlage von Bergrat Thürach bei Krozingen erstellten Bohrloch bei 561 Meter Tiefe ein gewaltiger Wasserstrahl hervor. Man war auf eine 1,25 Meter tiefe, wahrscheinlich mit einer großen Verwerfungsspalte kommunizierende Kluft gestoßen, aus welcher das Wasser durch das Bohrloch mit solcher Gewalt, Schlamm und Steine mit sich führend, ausgeworfen wurde, daß die Weiterarbeit anfänglich unmöglich war. Als man später, um Verstopfungen zu beseitigen, weiter bohrte, brach bei 565 Meter Tiefe der Bohrer und alle Bemühungen, denselben wieder auszubringen, waren erfolglos. Trotzdem sprudelte die Quelle seitdem bei einer Temperatur von 40—41 Grad mit ziemlich konstanter Ergiebigkeit von 80 Liter in der Sekunde, nachdem sie anfänglich allerdings schwankend war und bis über 120 Sekundenliter lieferte, manchmal aber auch ganz nachließ. Ebenso war anfänglich die Temperatur einige Grad höher. Schon in einem früheren Bohrstadium war man bei 424 Meter Tiefe auf eine kleinere, 31 Grad warme Quelle gestoßen, deren Wasser nach der Analyse von Professor Dittrich in Heidelberg im Kilogramm 8,7 Gramm Salze enthielt, also mehr als das Doppelte der jetzigen Springquelle. Die Einzelbestandteile dieser ersten Quelle waren in der Hauptsache gleicher Art (schwefelsaure, kohlensaure und Chlorsalze von Kalk, Magnesia, Natron und Kali) wie diejenigen, welche später auch Professor Rupp in der jetzt noch sprudelnden Quelle gefunden hat, worüber unlängst berichtet wurde. In dem Wasser beider Quellen fällt der hohe Gehalt an Gips und an Kali-

salzen auf; letzteres läßt auf irgend einen Zusammenhang mit dem neuerdings in dortiger Gegend entdeckten Kalisalzlager schließen.

Sehr merkwürdig verhielt sich das Wasser der Quelle in bezug auf den Gehalt an Radium-Emanation. Während dasselbe wenige Tage nach Erschließung der Quelle starke Radioaktivität zeigte, ging diese schon nach einigen Tagen rasch zurück. Sie betrug nach Messungen teils von Professor Sieveking, teils von Dr. Lautenschläger am 3. Dezember 1911 über 8 Mache-Einheiten, am 16 Dez., je nach Entnahme des Wassers, noch 4—5 Mache-Einheiten, am 19. Dezember nur noch 3 Mache-Einheiten, so daß ein völliges oder doch fast völliges Verschwinden zu befürchten war. In der Tat ergab eine Messung am 23. Juni d. J. so viel wie gar keinen Emanationsgehalt mehr. Man wird bei Neuerbohrungen von Quellen mit dieser Erscheinung zu rechnen haben, zumal da auch bei der in Donaueschingen neuerbohrten Solquelle ein ebensolches Schwinden der Radioaktivität beobachtet worden ist.

Die Befürchtung, daß die Thermalquelle von Badenweiler durch die aus der Krozinger Quelle ausgeworfenen gewaltigen Wassermassen in ihrer Ergiebigkeit beeinträchtigt werden könnte, hat sich bei genauen Kontrollbestimmungen der von der Badenweiler Therme gelieferten Wassermenge als unbegründet erwiesen.

Derselbe Vortragende legte darauf noch einige sogenannte Manganknollen aus dem mittleren Buntsandstein der Umgebung von Baden-Baden vor. Gegenüber einer etwas sensationell gehaltenen Zeitungsnachricht, wonach es sich hierbei um stark radioaktives Material handle, wurde betont, daß sich bis jetzt nur zwei solche Knollen von der Höhe Urberg-Badener Höhe fanden, die eine geringe Radioaktivität erkennen lassen. Alle anderen Stücke, die aus verschiedenen Gegenden des Landes stammten, erwiesen sich als im gewöhnlichen Sinn nicht aktiv.

Über die geologischen Verhältnisse der Krozinger Quelle machte Herr Bergrat Thürach noch interessante Mitteilungen.

Herr Professor May besprach in einem Vortrag drei neuere Arbeiten über Goethe als Naturforscher: Hansen, „Goethes Metamorphose der Pflanzen“; Kohlbrugge, „Historisch-kritische Studien über Goethe als Naturforscher“ und Chamberlain, „Goethe, der Naturforscher“. An die kurze Inhaltsübersicht dieser Werke knüpfte der Vortragende kritische Betrachtungen über den

vielumstrittenen Sinn der Pflanzenmetamorphose bei Goethe, um zu zeigen, daß die Akten über Goethe als Naturforscher noch lange nicht geschlossen sind.

764. Sitzung am 24. Oktober 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 87 Mitglieder.

Her Dr. Wilser, Heidelberg, berichtete zunächst „Neues vom klugen Hund und von den englischen Knochenfunden". Der schon am 28. Februar besprochene Hund in Mannheim ist seitdem berühmt geworden und wird von Gelehrten des In- und Auslandes besucht. In Gesellschaft eines italienischen Psychologen hat ihn auch der Vortragende am 19. September wiedergesehen und seine geistige Entwicklung, seine erstaunlichen Fortschritte bewundert. Das Wundertier — so darf man es nennen — hat ein vorzügliches Gedächtnis und eine gute Beobachtungsgabe, versteht die menschliche Sprache, denkt und urteilt selbständig, kann rechnen und lesen, verfügt über einen umfangreichen Wortschatz, darunter auch abgeleitete Begriffe, und antwortet nicht bloß auf Fragen, sondern teilt auch aus eigenem Antrieb seine Gedanken und Gefühle mit. Zur Bekräftigung dessen wird eine Reihe z. T. amtlich beglaubigter Protokolle verlesen und erläutert. Bewußte oder unbewußte Täuschung ist ausgeschlossen; es handelt sich um Tatsachen, vor denen der Naturforscher sich beugen muß. Gewiß ist eine so hohe Begabung bei einem Tier ein höcht seltener Ausnahmefall und kehrt in dieser Weise vielleicht niemals wieder. Daß wir aber im allgemeinen die geistigen Fähigkeiten der höheren Tiere etwas höher einschätzen müssen als bisher, zeigen z. B. die Elberfelder Pferde und ein anderer Zögling von Frau M. ein ¾jähriges Kätzchen, das, wenn bei guter Laune, auch leichte Rechenaufgaben löst und einfache Fragen beantwortet. — Wie oft in ähnlichen Fällen, ist auch um die im vorigen Jahre bei Piltdown in Sussex gefundenen urmenschlichen oder besser vormenschlichen Gebeine ein lebhafter Gelehrtenstreit entbrannt. Im Gegensatz zu der früheren Zusammensetzung und Ergänzung der Bruchstücke haben Keith und Williams eine andere angefertigt, bei der die Kieferbildung viel menschlicher und ein Schädelraum von 1500 statt nur 1000 ccm herauskommt. Neuerdings ist jedoch am gleichen Ort noch ein kleines,

aber wichtiges Knochenstückchen gefunden worden, nämlich ein Eckzahn, der die ursprüngliche Auffassung von Smith Woodward zu bestätigen scheint, wie auch eine genauere Vergleichung und Zusammenstellung mit dem entsprechenden Schimpansenknochen für eine ungemein tierähnliche, noch unter der des Fundstücks von Mauer stehende Kiefergestalt spricht. Nach dem Entwicklungsgesetz der Wechselbeziehung kann aber ein solcher Kiefer nur mit einem kleinen und engen Schädel vereinigt gewesen sein. Somit ist der vom Vortragenden schon seit Jahren theoretisch vorausgesetzte und in den Stammbaum des Menschengeschlechts eingezeichnete „europäische Vormensch (Proanthropus europaeus)" nun auch paläontologisch belegt. Der von dem englischen Forscher vorgeschlagene Name Eoanthropus besagt dasselbe, stellt aber unnötigerweise eine neue Gattung auf. Noch ein anderer für die menschliche Vorgeschichte wichtiger Fund ist vor kurzem jenseits des Ärmelmeers bei Halling in Kent gemacht worden. Ein ziemlich wohlerhaltenes und vollständiges Gerippe lag in unberührter Schicht, deren Alter von den Sachverständigen übereinstimmend auf 15 000 Jahre geschätzt wird. Dem entspricht auch Schädelbildung und Knochenbau, die ganz neuzeitlich sind und, nach dem Urteil der Engländer, „einem von unseres Gleichen" angehört haben müssen, d. h. dem „Lößmenschen" (Homo mediterraneus fossilis), dem urgeschichtlichen Vorgänger der noch heute in England stark vertretenen Mittelmeerrasse. Dieser, wenn auch vielleicht auf einer tieferen Entwicklungsstufe, gehört auch das Skelett von Ipswich an, das unter dem Geschiebelehm (boulder clay), einem Erzeugnis der Eiszeit, ruht und demnach ein viel höheres urgeschichtliches Alter haben muß. Daß eine verhältnismäßig so hochstehende Menschenart so früh in unserem Weltteil, und zwar in dessen Norden auftritt, läßt sich nur durch einen nördlichen Ursprung und eine nordsüdliche Ausbreitung unserer Gattung erklären. — Seiner schönen, schon früher vorgelegten Abhandlung „Zur Kraniologie der schwedischen Steinzeit" hat der Lunder Anthropologe Fürst einen wertvollen Nachtrag über „Trepanierte schwedische Schädel aus älterer Zeit" folgen lassen. Die Schädelöffnung oder Trepanation ist die ältestbekannte Operation, die teils aus Aberglauben, teils wegen Gehirnkrankheiten oder Schädelverletzungen ausgeführt wurde und sich in Frankreich und Dänemark bis in die Steinzeit zurückverfolgen läßt. Aus Schweden sind jetzt 8 der älteren Eisenzeit ange-

hörende Fälle bekannt, darunter 3 wegen Schädelverletzung mit 2 Heilungen.

Herr Dr. Schachenmeier trug sodann „Über den direkten Nachweis von Atomen und Elektronen" vor. Die Atomhypothese ist das Fundament unseres physikalischen Weltbildes. Wenn aber die Physik über die Richtigkeit derselben wie bei jeder anderen Hypothese Rechenschaft geben soll, durch Prüfung an der Erfahrung, so stößt sie auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Alles, was sie über die Atome, ihre Anzahl, Größe, ihren Bewegungszustand aussagen kann, ist nur auf Umwegen indirekt erschlossen und es haftet ihm immer etwas Hypothetisches an.

Ein direkter Nachweis der Atome scheint deshalb endgültig ausgeschlossen zu sein, weil auch in dem kleinsten Stück Materie, das wir zu isolieren vermögen, ihre Anzahl noch so groß ist, daß wir niemals zur Beobachtung einzelner Atome gelangen können. Selbst in 1 ccm eines (einatomigen) Gases sind noch (bei 0 Grad und 1 Atmosphäre Druck) 27 Trillionen Atome enthalten.

Alle Vorgänge, welche wir an den Körpern unserer Umgebung beobachten können, sind daher das Resultat zahlloser Einzelwirkungen seitens der Atome. Wir konstatieren nur statistische Mittelwerte. Diese Mittelwerte lassen sich aber größtenteils auch unter der Annahme erklären, daß die Materie ein Kontinuum sei. Es gründet sich hierauf eine skeptische Schule, welche den Atombegriff als unnötig und irreführend gänzlich aus der Wissenschaft eliminieren wollte.

Trotz dieser Ausichtslosigkeit, die Atomhypothese sicherer zu begründen, wurde dieselbe mit den neueren Entdeckungen immer unentbehrlicher. Es sei nur an die Erscheinungen in Crookesschen Röhren und an die radioaktiven Substanzen erinnert. Das Allermerkwürdigste aber ist, daß gemäß diesen Resultaten auch die Elektrizität atomistisch, nämlich aus Elektronen, den Elementarquanten der Elektrizität, aufgebaut sein muß.

Aus dem Gesagten geht hervor, welch enorme Bedeutung den allerneuesten Experimenten beizulegen ist, die tatsächlich viel unmittelbarer, als man je für möglich gehalten hatte, über die Existenz der Atome und Elektronen sowie über ihr Verhalten Aufschluß geben.

Eine Methode, Elektronen einzeln zu studieren, beruht auf der Tatsache, daß ionisierte Luft stets positiv und negativ geladene

Teilchen (Ionen) enthält, welche gerade das elektrische Elementarquantum tragen. Schweben nun in der Luft kleine Tröpfchen z. B. aus Öl, so tritt immer der Fall ein, daß sich ein einzelnes oder nach und nach mehrere Ionen an dasselbe ansetzen. Millikan beobachtet ein derartiges Tröpfchen zwischen den Platten eines Kondensators durch ein Mikroskop, indem er es von der Seite intensiv beleuchtet. Durch abwechselndes Laden und Entladen des Kondensators kann er dasselbe beliebig lange auf- und abwärts verfolgen und die eingefangenen Ionen kontrollieren. Aus der beobachteten Geschwindigkeit und der treibenden Kraft des Feldes läßt sich seine Ladung berechnen. Millikan fand nun niemals Ladungen, die kleiner waren als das Elementarquantum, ferner größere Ladungen, die aber immer nur ein ganzzahliges Vielfaches des Elementarquantums betrugen. Gegenüber gewissen Zweifeln, die an der Existenz eines Elementarquantums der Elektrizität laut geworden waren, liefern Millikans Versuche die zuverlässigste Stütze für die Elektronenhypothese. Der nach dieser Methode bestimmte Wert des Elementarquantums beansprucht schon große Genauigkeit; er beträgt $4{,}77 \cdot 10{:}^{10}$ elektrostatische Einheiten in guter Übereinstimmung mit den auf andere Weise gefundenen Werten.

Die Millikansche Versuchsanordnung stellt zugleich die feinste Wage dar, die wir kennen. Wird schließlich der Raum zwischen den beiden Kondensatorplatten mit Salmiaknebel erfüllt, so wird jedes Nebelteilchen, das ein Ion eingefangen hat, nach einer der beiden Platten wandern, und man beobachtet die Entstehung zierlicher Dendriten.

Für materielle Atome sind die Schwierigkeiten des direkten Nachweises bedeutend größer als bei Elektronen. Nur eine glückliche Entdeckung, nämlich die der radioaktiven Substanzen, gab uns hierzu brauchbare Hilfsmittel an die Hand. Radioaktive Präparate senden Strahlen aus, welche man in drei verschiedene Klassen einordnet, die α-, β- und γ-Strahlen. Die α-Strahlen sind erwiesenermaßen Helium-Atome, welche beim Zerfall der Atome der radioaktiven Substanz ausgeschleudert werden. β-Strahlen sind ausgeschleuderte negative Elektronen. Was nun diese Strahlen so geeignet macht für unseren Zweck des direkten Nachweises materieller Atome, ist ihre ungeheuere Geschwindigkeit. Das Heliumatom eines α-Strahles wird mit einer Geschwindigkeit von 20 000 km pro Sekunde ausgeschleudert. Die kinetische Energie eines solchen α-

Teilchens ist daher trotz seiner geringen Masse so groß, daß seine Wirkung einzeln nachgewiesen werden kann. Um diese Tatsache auszunützen, sind eine Reihe geistreicher Methoden ausgearbeitet worden.

Rutherford ließ die α-Partikel auf einen Sidot-Schirm aufprallen, welcher bei jedem Teilchen aufleuchtet.

Die meisten anderen Experimentatoren benützen jedoch die Eigenschaft der α-Strahlen, die Luft zu ionisieren, wodurch dieselbe leitend wird; ein geladenes Elektroskop verliert seine Ladung in der Nähe eines radioaktiven Präparats. Die Versuchsanordnung kann nun so empfindlich gemacht werden, daß das Elektroskop jeden Ionisationsstoß anzeigt, der durch ein vorbeifliegendes α-Teilchen erzeugt wird. Wir erwähnen nur die neuesten Versuche von Geiger. Bei diesen steht das Elektroskop in Verbindung mit einer Spitze, welche in den von den α-Teilchen jeweils ionisierten Luftraum hineinragt. Jedes α-Teilchen löst eine Spitzenentladung aus, bei welcher ganz beträchtliche, vom Elektroskop bequem registrierbare, Elektrizitätsmengen übertreten.

Größere Vielseitigkeit als die erwähnten Versuche, welche alle auf den Zweck, die α-Teilchen zu zählen (Aktivitätsmessung) zugeschnitten sind, zeichnet die Versuche von Wilson aus. Wilson macht nämlich die Bahn des α-Teilchens selbst sichtbar. Luftionen haben die Eigenschaft, übersättigten Wasserdampf zu kondensieren, der sich in kleinen Tröpfchen um die Ionen ansammelt. Läßt man also die zu untersuchenden Strahlen in eine Kammer eintreten, in welcher mit Wasserdampf übersättigte Luft sich befindet, so hinterläßt jedes durchgegangene α-Partikel als Spur eine Reihe von feinen Wassertröpfchen. Intensive seitliche Beleuchtung ermöglicht ihre photographische Aufnahme. Ein sinnreicher Mechanismus bewirkt die Kondensation des Wasserdampfes an den Ionen möglichst unmittelbar nach ihrer Entstehung und dann auch sofort Momentanbeleuchtung.

Der Anblick der Wilsonschen Photographien gewährt einen ungemeinen Reiz. Glaubt man doch unmittelbar in ein Gewirr von Molekülen und Atome hineinzublicken. Man kann an denselben die Zahl der vom α-Strahl gebildeten Ionen studieren, es sind 20 bis 30 000 pro Zentimeter, ferner seine Reichweite, die Streuung, den Rückstoß beim Zerfall der Emanation usw.

Wilson macht auch die Bahnen der ausgeschleuderten Elektronen sichtbar, die sogenannten β-Strahlen, welche für die vorhin besprochenen Methoden noch nicht ganz leicht zugänglich sind. Schließlich gelingt es ihm, auch die ionisierende Wirkung der Röntgenstrahlen photographisch zu registrieren.

Die beschriebenen Experimente sind durchweg so einfach und erfordern zu ihrem Verständnis so wenig Vorkenntnisse aus anderen Gebieten der Physik, daß sie geradezu handgreifliche Demonstrationen atomistischer Vorgänge vorstellen. Kein Skeptiker kann bei deren Anblick leugnen, daß wir aus der Welt des unendlich Kleinen unumstößliche Erkenntnisse gewonnen haben.

Zwar lehren sie nichts wesentlich Neues, was nicht schon aus anderen Arbeiten bekannt gewesen wäre, jedoch besteht begründete Hoffnung, daß diese direkten Methoden noch wichtige bis jetzt ungelöste Probleme aufklären werden.

765. Sitzung am 7. November 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 85 Mitglieder.

Herr Geheimer Hofrat Dr. O. Lehmann hielt einen Experimentalvortrag über: „Die Umwandlung elektrischer Energie in mechanische Arbeit".

An der Hand zahlreicher experimenteller Demonstrationen, die sich in Kürze nicht beschreiben lassen, erläuterte der Vortragende den Übergang elektrischer Energie in Bewegungsenergie durch die Wirkung elektrostatischer und elektrodynamischer Kräfte. Den Schluß bildete die Darlegung, wie auch hier das Relativitätsprinzip ein Hauptsatz der neueren Physik trotz scheinbarer Widersprüche sich glänzend bewährt, jenes Prinzip, gemäß welchem wir auf keine Weise den absoluten Bewegungszustand eines Körpers erfahren können. Beispielsweise stoßen sich zwei ruhende gleichartig elektrisch geladene Körper, z. B. zwei geriebene Siegellackstangen, gegenseitig ab. Macht man diesen Versuch in einem Eisenbahnwaggon, derart, daß die Verbindungsebene der beiden Siegellackstangen senkrecht zur Fahrrichtung ist, so möchte man zufolge des Satzes, daß gleichsinnig bewegte gleichartige Elektrizitäten eine anziehende elektrodynamische Kraft aufeinander ausüben, glauben, daß mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit die ursprüngliche elektrostatische Ab-

stoßungskraft, welche man sich als unveränderlich vorzustellen gewohnt ist (da sie nach dem Coulombschen Gesetze vollkommen durch die Größe der Ladungen und ihren Abstand bestimmt ist), schließlich von der elektrodynamischen Anziehung übertroffen werde, so daß man durch Messung der Kraftwirkung etwa mittelst einer Federwage imstande wäre, den absoluten Betrag der Fahrgeschwindigkeit zu ermitteln. Natürlich steht dieser in keiner Beziehung zu der relativen Geschwindigkeit etwa zu der Ausgangsstation des Eisenbahnzuges, die wir mit Leichtigkeit messen können, es ist vielmehr zu berücksichtigen, daß sich diese z. B. mit der ganzen Erde mit der Geschwindigkeit von 30 000 Meter um die Sonne bewegt, die Sonne selbst wieder samt der Erde mit einer ganz unschätzbaren Geschwindigkeit um einen entfernten Fixstern usw. Tatsächlich können wir auch auf dem genannten Wege die absolute Geschwindigkeit nicht erfahren, denn die elektrostatische Kraft bleibt bei der Bewegung der Körper keineswegs unverändert, sie erleidet vielmehr stets solche Änderungen, daß die auftretende elektrodynamische Kraft gerade eben kompensiert wird. Die Abstoßung der gleichartig elektrischen Siegellackstangen bleibt somit immer genau dieselbe, wie schnell auch der Eisenbahnzug, in welchem das Experiment ausgeführt wird, sich bewegen möge. Absolute Geschwindigkeit ist überhaupt ein nicht zu fassender Begriff. Er hätte nur einen Sinn, wenn es etwas absolut Festes im unendlichen Raume gäbe. Längere Zeit glaubte man einen den ganzen Raum erfüllenden, absolut ruhenden Äther, als den Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte, sowie der Lichtstrahlung und verwandter Strahlungen annehmen zu sollen, so daß absolute Geschwindigkeit die relative Geschwindigkeit zu diesem Äther wäre. Das Relativitätsprinzip will sich aber mit dessen Existenz nicht vereinigen lassen, so daß viele heute den Raum als absolut leer annehmen, oder Äther nur da, wo sich Kräfte genannter Art oder Strahlungen zeigen.

Scheinbar widerspricht der Kompensation der elektrodynamischen Kraft durch die Änderung der elektrostatischen die erwähnte Anziehung gleichgerichteter elektrischer Ströme, die sofern sie in metallischen Leitern fließen, nichts anderes als Ströme von Elektronen sind, d. h. der kleinsten nicht weiter teilbaren Partikelchen, aus welchen die Elektrizität besteht. In Wirklichkeit ist der Widerspruch nur scheinbar, denn in diesem Fall wird die elektrostatische Kraft der negativen Elektronen stets vollkommen kompensiert durch

die gleichgroße entgegengesetzt wirkende Kraft der in gleicher Menge im Metall vorhandenen positiven Atomreste.

Gleiches gilt für einen elektrolytischen Leiter, in welchem letztere nicht am Orte bleiben, wo sie sind, sondern in entgegengesetzter Richtung wandern, wie die negativen Teilchen, die sich hier nicht frei bewegen können, sondern nur verbunden mit Atomen zu Ionen, wie sich aus Faradays Gesetz der Proportionalität der Zersetzungsprodukte mit der Stromstärke ergibt.

766. Sitzung am 21. November 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 180 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann hielt einen Experimentalvortrag über „Alte und neue Luftpumpen". Während vor etwa 40 Jahren das Auspumpen der Luft aus einem Behälter noch eine sehr anstrengende Arbeit mit unvollkommenem Erfolg war, ist in neuerer Zeit mit Hilfe der von Professor Gaede in Freiburg im Breisgau erfundenen Luftpumpen das Ziel mit Leichtigkeit und in vollkommenster Weise zu erreichen. An Hand zahlreicher Experimente und Lichtbilder demonstrierte der Vortragende die Entwicklung der Luftpumpe seit ihrer Erfindung durch den Magdeburger Bürgermeister Otto v. Guericke, welcher 1654 ihre Wirkung dem Reichstag in Regensburg vorführte und hierdurch die allgemeine Aufmerksamkeit darauf lenkte, bis zur neuesten Form, der Diffusionspumpe von Gaede, die sogar in wissenschaftlichen Kreisen noch wenig bekannt ist und das non plus ultra darstellt, insofern sie keiner mechanischen Betriebskraft bedarf, sondern lediglich der Heizung durch eine Gasflamme, und welche nichtsdestoweniger rasch und in vollkommenster Weise evakuiert.

In ältester Zeit konnte die Wirkung einer Saugpumpe nicht verstanden werden, da man die Luft für gewichtlos hielt, weil ein aufgeblähter luftdichter Sack nicht mehr wiegt als wenn er leer ist. Erst Torricelli, ein Schüler Galileis, erkannte, daß bei diesem Experiment vergessen worden war, den Auftrieb in Betracht zu ziehen, welcher eben das Gewicht der Luft gerade kompensiert. Richtig schloß er aus der Tatsache, daß Wasser nur auf ca. 10 Meter Höhe aufgesaugt werden kann, der Druck der Luft müsse einer Wasser-

säule von dieser Höhe das Gleichgewicht halten. Guericke gelang es durch Auspumpen eines auf der Wage tarierten Ballons näher festzustellen, daß 1 Kubikmeter Luft etwas mehr als 1 Kilogramm wiegt. Seine Luftpumpe und ebenso deren erste Verbesserungen hatten noch eine große Unvollkommenheit, den sog. schädlichen Raum, aus welchem verdichtete Luft und Feuchtigkeit nicht ausgetrieben werden konnten. Bei den Quecksilberluftpumpen, welche auf Grund von Torricellis Versuchen konstruiert wurden, fehlte dieser, doch waren sie sehr zerbrechlich, auch mußte die Feuchtigkeit durch Trockenapparate fern gehalten werden.

Schließlich gelang es, die Guerickesche Luftpumpe von dem Einfluß des schädlichen Raumes zu befreien, indem man diesen mit Öl ausfüllte (Ölluftpumpen) und bei der neuesten Verbesserung durch Gaede ist dafür gesorgt, daß auch angesammelte Feuchtigkeit selbsttätig durch das Öl entfernt, also ein Trockenapparat entbehrlich gemacht wird.

Das Streben, die unbequeme Hin- und Herbewegung des Kolbens zu vermeiden, führte zur Konstruktion rotierender Luftpumpen, Spiralpumpen, unter welchen wieder Gaedes Quecksilberluftpumpe die vollkommenste darstellt. Sie gleicht etwa einer Gasuhr, bei welcher das Wasser durch Quecksilber ersetzt ist. Die Trommel wird gedreht und saugt infolgedessen Luft ein ,während sie bei der Gasuhr durch das eingepreßte Gas gedreht wird.

Ein Ventilator saugt ebenfalls Luft ein, selbst wenn der rotierende Teil nur eine Scheibe ist, in letzterem Fall, weil die Luft von der Scheibe durch Reibung mitgerissen wird. Gäbe es keine Moleküle, wäre die Luft ein zusammenhängender Stoff, wie die alte Lehre von der Luftbewegung annimmt, so müßte immerhin eine derartige Schleuderluftpumpe um so besser funktionieren, je rascher die Scheibe rotiert. In Übereinstimmung mit der Molekulartheorie ergibt sich aber in Wirklichkeit eine Grenzleistung, die durch Steigerung der Geschwindigkeit nicht überschritten werden kann und zu gering für praktische Verwertung ist, selbst wenn mehrere solche Pumpen hintereinander geschaltet werden, wobei zweckmäßig die Scheiben in geringem Abstand auf dieselbe Welle gesetzt werden. Bringt man aber nach Gaede zwischen je zwei solchen Scheiben einen am Gehäuse befestigten Vorsprung an, welcher die mitgerissene Luft aufhält und sie zwingt zu einer Öffnung des Gehäuses zu entweichen, so bildet sich auf der entgegengesetzten Seite des Vorsprunges ein

Vakuum, in welches man durch eine zweite Öffnung im Gehäuse Luft aus einem evakuierenden Behälter einsaugen lassen kann. Der alten Theorie zufolge könnte auch auf diese Weise kein absolutes Vakuum erzielt werden. Die Molekulartheorie ergibt aber, daß, falls die Geschwindigkeit der Scheiben größer als Molekulargeschwindigkeit wird, alle Gasmoleküle mitgerissen und aus der Pumpe herausgeschleudert werden, ja selbst Wasserdampfmoleküle, so daß also nicht einmal eine Trockenvorrichtung nötig ist, um ein praktisch absolutes Vakuum, in welchem der Luftdruck auf etwa ein Tausendstel von einem Millionstel seines anfänglichen Wertes reduziert ist, zu erhalten. Nach diesem Prinzip wirkt Gaedes Molekularluftpumpe. Damit ihre Leistung voll zur Geltung komme, müssen weite kurze Röhren zur Verbindung mit dem Rezipienten gewählt werden, da sich die hochverdünnte Luft nur sehr träge bewegt.

Bei Gaedes Diffusionspumpe wird in einem eisernen Behälter Quecksilber zum Verdampfen gebracht. Derselbe ist mit einem feinen Schlitz versehen, durch welchen die Quecksilberdampfmoleküle nicht herauszudringen vermögen, welcher aber Luftmolekülen den Eintritt gestattet. Infolge der molekularen Bewegung wird also, falls sich an den Schlitz das Verbindungsrohr zu dem zu entleerenden Behälter anschließt, aus letzterem beständig Luft in den Quecksilberdampf eindringen und mit diesem durch ein Ansatzrohr entweichen. Dieses Rohr wird aber gekühlt, so daß das Quecksilber in Tropfen zurückfällt und die Luft allein wirklich entweicht.

Ein interessantes Nebenresultat der Studien Gaedes ist das, daß sich die Temperatur der Sternschnuppen aus ihrer Geschwindigkeit und Höhe berechnen läßt. Von etwa 70 bis 200 Kilometer Höhe besteht, wie die Meteorologen nachgewiesen haben, die Atmosphäre vorherrschend aus Wasserstoffgas, welches in den unteren Schichten fast völlig fehlt. Ein diese Wasserstoffatmosphäre durchdringender Würfel von geringer Wärmeleitungsfähigkeit, welcher sich wie Sternschnuppen mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 Kilometer pro Sekunde bewegt, erwärmt sich auf der Vorderfläche auf Sonnentemperatur (ca. 6900 °), auf den Seitenflächen bleibt die Temperatur dagegen tief unter dem Gefrierpunkt (ca. —50 °) und auf der Rückfläche ist sie absolut Null, d. h. —273 °. Rotiert der Würfel, so nimmt er eine mittlere Temperatur von ca 4300 ° an, erhitzt sich also stärker als die Kohlenspitzen einer Bogenlampe und strahlt

dementsprechend sehr helles Licht aus, obschon die hohe Temperatur wegen der Kürze der Fallzeit nicht in die Tiefe dringen kann, wie auch daraus folgt, daß Meteoriten nur eine dünne geschmolzene Rinde aufweisen.

767. Sitzung am 5. Dezember 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 35 Mitglieder.

Herr Professor Rupp hielt einen Vortrag über „Weingärung und Weinkrankheiten".

768. Sitzung am 19. Dezember 1913.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 86 Mitglieder.

Herr Professor Dr. Auerbach gab einen durch Lichtbilder anschaulich gemachten Bericht über seine „Tiefsee-Expedition in den Atlantischen Ozean mit dem Motorschiff Armauer Hansen". Der Vortrag ist unter den Abhandlungen des vorliegenden Bandes abgedruckt.

769. Sitzung am 6. Februar 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 17 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. G. Fuchs hielt einen Vortrag „Über parasitische und andere Nematoden bei Borkenkäfern und bei Hylobius abietis L., sowie einige andere Parasiten und deren Einwirkung auf die Biologie dieser Käfer" mit Lichtbildern.

Vortragender bespricht in kurzer Weise die Ergebnisse seiner nun 6 Jahre dauernden Arbeiten auf diesem ganz neuen Gebiet. Nach einer kurzen Darstellung der Lebensweise der Borkenkäfer, speziell des Ips typographus L., erwähnt er insbesondere deren Nachfraß, der zu viel Meinungswechsel unter den Forschern gegeben. Vom Studium dieses ausgehend, erwähnt Vortragender, wie er durch die Untersuchung lebender Käfer gelegentlich von Zuchtversuchen zum Studium der Parasiten gelangt sei. Parasitischer Nematoden gebe es bei Ips typographus L. zwei Arten: Tylenchus contortus typographi und Tylenchus disper typographi, welche Autor beschrieb,

sowie deren Larvenentwicklung zur freibleibenden Generation darlegte. Die Untersuchungen gestalteten sich deshalb so schwierig, weil nebst der ungeheueren Zahl der Nematoden diese in vielfältigen Formen und Arten vorkommen. Diese mußten erst genau studiert werden, bevor die Zusammenhänge festgestellt werden konnten. Neben den Parasiten kommen bei genanntem Borkenkäfer noch Nematoden vor, welche Vortragender „Wohnungseinmieter" nannte, da sie, ohne Parasiten zu sein, die Wohnung des Käfers beleben und sich vom nahrungsreichen Mulm ernähren, die zum Zwecke des Transports durch den Käfer besonders angepaßte Larvenformen entwickelten, welche teils unter den Flügeldecken eingehüllt in eine Fetthülle, teils im Enddarm lebten. Solche Wohnungseinmieter seien Rhabditis obtusa typographi, Diplogaster Bütschlii, Rhabditolaimus Hallerie, Tylenchus major und macrogaster. Als Parasiten fanden sich noch Gregarina typographi, Telosporidium typographi und Diplochis omnivorus, eine Schlupfwespe.

Die Einwirkung der Parasiten gehe dahin, daß in erster Linie die Fruchtbarkeit merkbar eingeschränkt werde, dann daß der Tod bei Jungkäfern oft eintrete und schließlich die Fähigkeit, Geschwisterbruten anzulegen, unterbunden werde. Das Telosporidium und die Schlupfwespe führten unbedingt den Tod herbei, die übrigen Parasiten unter Umständen. Im ganzen dürften ungefähr die Hälfte aller Käfer den Parasiten zum Opfer fallen.

Im Telosporidium typographi sei ein Parasit gefunden, mit dem man vielleicht die Käfer durch Infektion vertilgen könne.

Die Untersuchung der Nematoden einer Reihe weiterer Borkenkäfer veranlaßte den Vortragenden, 6 formulierte Sätze aufzustellen, in welchen deren phyletische Abstammung und ihr Verhältnis zu den Borkenkäfern dargestellt wird.

Ganz ähnliche Verhältnisse in bezug auf Parasiten finden sich bei Hylobius abietis L.. Vortragender berichtigt den biologischen Irrtum Leuckarts in bezug auf die freilebende Generation des Allantonema mirabile und meint, daß nun die Ansicht von einer Rhabditistheorie beseitigt sei. Er führt dann auch hier Wohnungseinmieter und ihre Entwicklung vor: Rhabditolaimus Leuckarti, Diplogaster Aylobii und lineatus, und beschreibt eine große Gregarine; faßt schließlich die Ergebnisse in einigen Punkten zusammen, teils rein zoologischer Natur, teils von forstzoologischem, also angewandt zoologischem Interesse.

770. Sitzung am 20. Februar 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 93 Mitglieder.

Herr Professor Paul Mayer hielt einen Vortrag über „Kreiselwirkungen: Kreiselkompaß und Einschienenbahn". Der Kreiselkompaß ist eine Konstruktion von Anschütz-Kaempfe in Kiel, die den Magnetkompaß, welcher durch die großen Eisenmassen auf Kriegsschiffen immer weniger brauchbar wird, als Richtungsweiser ersetzen soll. Seit 1911 ist die Konstruktion soweit vollendet, daß sich in Praxis keine Anstände mehr ergeben haben. Die Vorteile des Kreiselkompasses sind so groß, daß er jetzt trotz der sehr viel höheren Kosten auch in Handelsschiffe eingebaut wird. — Im Gegensatz zu dieser abgeschlossenen Konstruktion ist der 1909 von Scherl und Brennan vorgeschlagene Einschienenwagen noch nicht über das Modellstadium hinausgekommen. Einer Weiterbildung scheinen keine prinzipiellen Bedenken entgegen zu stehen; ein praktisches Bedürfnis nach dem Wagen existiert zurzeit jedoch nicht.

Beide Konstruktionen beruhen auf der Eigenschaft des Kreisels, daß ein dauerndes Kippen seiner Achse nur dann eintreten kann, wenn ein sowohl zur Rotationsachse als zur Kippung senkrechtes äußeres Drehmoment vorhanden ist. Dieses Kreiselgesetz wurde aus den Trägheitseigenschaften der Masse abgeleitet, und der Ansatz, der die Berechnung der auftretenden Bewegungen erlaubt, gegeben.

Von beiden Konstruktionen wurden Modelle gezeigt. Der Kreiselkompaß besteht im wesentlichen aus einem elektrisch angetriebenen Kreisel, dessen Achse durch die Schwere eine horizontale Lage aufgezwungen wird. Ein solches System muß sich infolge der Erddrehung von selbst in die Süd-Nordrichtung einstellen; umgekehrt ist die Tatsache, daß der Kreiselkompaß funktioniert, ein experimenteller Beweis der Rotation der Erde. Eine ältere Kreiselkompaßkonstruktion von Anschütz hat bei Fahrten, die nicht in einer der vier Hauptrichtungen der Windrose verliefen, Mißweisungen, ergeben. Es hat langer Versuche bedurft, bis der Grund dieser Abweichungen klargestellt war; er ist in periodischen Erschütterungen des Schiffes zu suchen, die sich nur dann, wenn der Kreisel nicht in symmetrischer Lage zu der Erschütterungsebene steht, geltend zu machen vermögen. Durch Einbau von drei Kreiseln, die in Abhängigkeit von einander stehen, in einen Kompaß ist jetzt dieser Fehler behoben.

Bei der Demonstration der Einschienenbahn wurde erwähnt, daß die Konstruktion nach der Berechnung nur dann stabil ist, wenn der Koeffizient, der die Reibung des Rahmens der Kreiselaufhängung mißt, negativ ist. Dies ist technisch durch einen Hilfsmotor zu erreichen, der in dem Moment, in welchem die Reibung einsetzen würde, eingeschaltet wird und den Kreiselrahmen beschleunigt. Dem Kreisel fallen demnach zwei Aufgaben zu: einmal muß er durch seine rotierende Masse den Widerstand abgeben, an dem sich der aus dem Gleichgewicht gekommene Wagen wieder aufrichten kann, zum andern hat er im richtigen Moment den Hilfsmotor einzuschalten; eine Tätigkeit, die etwa der eines Steuermanns zu vergleichen ist. Wichtig ist ferner, daß eine Stabilität bei der Scherl- und Brennanschen Anordnung nur möglich ist, wenn der Wagen auf der Schiene ein bestimmtes Maß Reibung hat. Diese Bedingung wird sich bei einer Ausführung im Großen wohl von selbst erfüllen, bei dem vorliegenden kleinen Modell haben sich infolge der wechselnden Reibung gelegentlich Störungen ergeben.

771. Sitzung am 6. März 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

Feier des 50jährigen Bestehens des Naturwissenschaftlichen Vereins und der Hertzschen Entdeckungen bei Anwesenheit Ihrer Königlichen Hoheiten des Großherzogs und der Großherzogin und eines großen Kreises geladener Gäste in der Aula der Technischen Hochschule.

Der Vorsitzende, Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann hielt dabei den Festvortrag, dessen Inhalt in Kürze der folgende war.[1]

Die Gründung des Naturwissenschaftlichen Vereins, dessen „Verhandlungen" 25 Bände füllen mit Berichten über rund 750 Sitzungen und sehr zahlreichen Abhandlungen über die Ergebnisse heimischer Forschungstätigkeit, ist zurückzuführen auf einen Wunsch des höchstseligen Großherzogs Friedrich, es möge den gebildeten Kreisen von Karlsruhe fortlaufend von den für die Entwicklung der Technik und damit für die Hebung der Kultur so außerordentlich wichtigen Fortschritten auf dem Gebiete der Naturwissenschaften in gemeinverständlicher Weise Kenntnis gegeben werden. Unter Leitung von Eisenlohr, Grashof, Wiener, Eng-

[1] Der Vortrag ist vor den Abhandlungen, S. III, abgedruckt.

ler und dem gegenwärtigen Vorsitzenden in Verbindung mit der opferwilligen Tätigkeit der Sekretäre, unter welchen besonders Meidinger hervorzuheben ist, der 30 Jahre lang dieses Amt bekleidete, hat der Naturwissenschaftliche Verein sein Ziel zu erreichen versucht und durch Tauschverkehr mit mehr als 100 andern naturwissenschaftlichen Vereinen der ganzen Welt seinen Mitgliedern Gelegenheit geboten, auch über die wissenschaftliche Tätigkeit an andern Orten leichtverständliche Berichte zu erhalten. Da sich in kurzen Worten ein Gesamtbild der Leistungen des Vereins nicht geben läßt, greift der Vortragende den Bericht heraus, den gerade vor 25 Jahren der damalige Physiker der Technischen Hochschule Heinrich Hertz über seine kurz zuvor gemachten Entdeckungen dem Verein gegeben hat, Entdeckungen, die nicht nur auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre und Optik eine völlige Umwälzung hervorbrachten, sondern zu einer Menge neuer wichtiger Entdeckungen, zu welchen im Grunde auch die der Röntgenstrahlen und Radiumstrahlen zu rechnen sind, führten und namentlich zur Erfindung der heute von so großer Wichtigkeit gewordenen drahtlosen Telegraphie.

Die Anregung zu seinen Untersuchungen hatte Hertz durch H. v. Helmholtz erhalten, dessen Schüler und späterer Assistent er gewesen war. Schon in seiner berühmten Schrift „Die Erhaltung der Energie“ hatte sich Helmholtz dahin ausgesprochen, daß bei elektrischer Entladung, d. h. beim Ausgleich von Überschuß und Mangel an Elektrizität ganz ähnlich wie beim Überströmen von Wasser aus einem vollen in ein leeres Gefäß sich Schwingungen ausbilden, daß die Elektrizität zunächst zwischen den beiden Leitern hin- und herpendle. Das erwies sich auch als richtig, dagegen war fraglich, ob das beobachtete Hinausschießen der Elektrizität über das Ziel wie beim Wasser eine Folge von Trägheit war oder, wie die Faraday-Maxwellsche Theorie behauptete, eine Folge von fortgesetzer Umwandlung von elektrischer in magnetische Energie und umgekehrt. Während die alte Theorie überall da, wo sich elektrische und magnetische Kräfte oder Energien zeigten, Elektrizität oder Magnetismus als Ursache dieser Kräfte annahm, sollten der neuen Theorie zufolge solche Kräfte und Energien losgelöst von elektrischen und magnetischen Körpern existieren und ganz unabhängig von diesen mit der gleichmäßigen Geschwindigkeit von 300 Millionen Metern im leeren Raume fortschreiten können. Direkte

Fernwirkung eines elektrischen oder magnetischen Körpers, wie sie die alte Theorie als selbstverständlich voraussetzte, gab es nach der neuen Theorie überhaupt nicht; eine Wirkung auf einen entfernten Körper war auch ihr nur möglich, wenn dieser von sich ausbreitenden oder fortwandernden „Kraftfäden", die sich an ihn anhefteten, getroffen wurde, da diese substanzlosen Kraftfäden das Bestreben haben sollten, sich der Länge nach zusammenzuziehen und der Quere nach auszudehnen. All dies erschien wenig glaubhaft und Hertz setzte sich nun zunächst das Ziel, zu ermitteln, ob wirklich elektrische und magnetische Kräfte sich mit der genannten Geschwindigkeit im Raume ausbreiten. Das Problem mußte sich lösen lassen, wenn es gelang, hinreichend rasche elektrische Schwingungen zu erzeugen, denn dann mußten im Raume fortschreitende Wellen elektrischer Kraft oder Strahlen elektrischer Energie auftreten, ganz ebenso wie, wenn die Oberfläche eines ruhigen Teiches an einer Stelle in Schwingungen versetzt wird, von da aus ein System ringförmiger Wellen sich längs der Wasseroberfläche ausbreitet. Da die Länge einer Welle während der Dauer einer Schwingung zurückgelegt wird, ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Quotient von Wellenlänge und Schwingungsdauer. Es gelang Hertz in der Tat, genügend rasche elektrische Schwingungen zu erzielen und mit Exaktheit zu beweisen, daß es wirklich Strahlen elektrischer und magnetischer Kraft oder Energie gibt, die sich mit der genannten Geschwindigkeit im leeren Raume wie Lichtstrahlen, [deren Geschwindigkeit dieselbe ist], ausbreiten; daß diese elektromagnetischen Strahlen sich in jeder Hinsicht wie das Licht verhalten und sich von demselben nur dadurch unterscheiden, daß sie etwa eine Million mal größere Wellenlänge haben. Treffen die Strahlen auf geeignete Leiter, so erregen sie darin Ströme, die zur telegraphischen Zeichengebung verwendet werden können. Bekanntlich hat zuerst Marconi praktische Apparate konstruiert, die dies ermöglichen und heute können Telegramme ohne Draht direkt über den ganzen Ozean gesandt werden. Die hierzu benutzten elektromagnetischen Wellen sind bis 10 000 mal so groß als die Hertzschen Wellen, zu ihrer Erregung gehören mächtige Maschinen von Hunderten von Pferdestärken. Diese großen Energiemengen können unsichtbar den leeren Raum durchdringen, es sind in sich zurücklaufende elektrische und magnetische Kraftfäden, die kein Ende besitzen, welches an einen elektrischen beziehungsweise magnetischen Körper angeheftet wäre. Die

Faraday-Maxwellsche Theorie der elektromagnetischen Vorgänge sowie des Lichtes hat also durch die Hertzschen Versuche eine glänzende Bestätigung gefunden. Wie man sich aber im Raume frei fortschreitende Kräfte vorstellen soll, macht noch heute viel Kopfzerbrechen, denn wir verstehen eine Kraftwirkung nur dann, wenn wir ein Wesen kennen, welches die Kraft ausübt. Gewöhnlich wird ein jeden Raum erfüllender Äther als Träger der Kraft betrachtet, doch begegnet auch diese Annahme großen Schwierigkeiten.

772. Sitzung am 1. Mai 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 150 Mitglieder.

Herr Professor Dr. Paulcke hielt einen Vortrag mit zahlreichen Lichtbildern über seine „Wanderungen in Nordamerika, insbesonders im Yellowstone".

773. Sitzung am 15. Mai 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 45 Mitglieder.

Herr Professor Dr. Sieveking hielt einen Vortrag über: „Die wissenschaftlichen Grundlagen des Flugwesens".

774. Sitzung am 12. Juni 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

Die Herren Lembke und Privatdozent Dr. Fajans hielten Vorträge über „Experimentelles und Theoretisches über die verschiedenen Atomgewichte des radioaktiv gewonnenen und des gewöhnlichen Bleis".

775. Sitzung am 19. Juni 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 79 Mitglieder.

Herr Obergeometer Dr. Bürgin hielt einen Vortrag über „Stereophotogrammetrie und ihre Anwendung bei topographischen Aufnahmen".

776. Sitzung am 3. Juli 1914.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 30 Mitglieder.

Der Schriftführer gab zunächst den üblichen Tätigkeitsbericht, der Rechner sodann den Kassenbericht; nachdem der Vorsitzende beiden den Dank des Vereins ausgesprochen hatte, wurde ihnen von der Versammlung Entlastung erteilt.

Der Vorsitzende machte dann die Mitteilung, daß einem Wunsch des Schriftführers entsprechend, der bisher auch die Geschäfte des Bibliothekars und des Schriftleiters der Vereinsveröffentlichung besorgt und der um Entlastung gebeten hatte, durch eine Vorstandssitzung eine Änderung in der Besetzung der Ämter beschlossen worden sei. Die Geschäfte der Schriftleitung der Verhandlungen habe Herr Professor Dr. Paulcke übernommen und die Büchersammlung werde von jetzt ab mit Genehmigung des Großh. Kultusministeriums und des Senates der Technischen Hochschule von der Bibliothek der Technischen Hochschule verwaltet.

Herr Professor Dr. Schwarzmann hielt sodann einen Vortrag über: „Goldwaschen im Rhein“.

Der Vortragende hatte im Jahr 1910 auf Anregung des Herrn Geheimerats Dr. Engler die sämtlichen durch Anfrage bei den Bürgermeisterämtern in Erfahrung gebrachten Goldwäscher im Großherzogtum Baden besucht, um zu einer Zeit, da die Goldwäscher im südlichen Teil von Baden schon hoch betagt waren, die in den einzelnen Gegenden geübten Verfahren festzustellen und in den Verhandlungen des Vereins niederzulegen. Später gab sich ihm ebenfalls durch Anregung des Herrn Geheimerats Engler sowie durch Vermittlung der Rheinbauinspektion Mannheim Gelegenheit, das Goldwaschen in der Ausführung in Philippsburg zu sehen und in photographischen Aufnahmen das Verfahren festzulegen.

Der durch die Tätigkeit der Hochwasser besonders vor der Ausführung der Regulierung abgelagerte goldführende Sand gab sich dem Wäscher durch seine schwarze Farbe (verursacht durch Magnet- und Titaneisenkörnchen) zu erkennen. Die Waschwürdigkeit wurde sodann durch eine Vorprobe auf der hölzernen rauhen Schaufel festgestellt. Durch eine kreisende Bewegung der Schaufelfläche in ihrer Ebene im Wasserspiegel lassen sich die leichteren Teilchen wegspülen, und die schwereren, insbesondere die kleinen

blechförmigen, scharfkantigen und deshalb leicht hängen bleibenden Goldflitterchen werden für das Auge sichtbar.

Der Goldwäscher läßt nun drei Schaufeln Goldsand durch ein Sieb (Gitter), das den Kies zurückhält auf ein geneigtes tuchüberzogenes Brett, die Waschbank fallen. Durch aufgegossenes Wasser wird der Sand weiter das Brett hinab gespült. Die tonigen und quarzigen Teile verlassen am unteren Ende das Brett, die schwereren Teile und die Goldplättchen bleiben auf dem Tuch liegen. Ist das Tuch nach ständiger Wiederholung des Aufschüttens und Weiterschwemmens mit dem Goldsand reichlich beladen, so werden die Tücher in einen Kübel ausgeschwenkt, der den Sand aufnimmt. Das leere Tuch kommt dann wieder auf die Waschbank zur erneuten Sandaufnahme. Der schließlich im Kübel durch Ausschwenken nochmals von tonigen und leichten Teilchen gereinigte Goldsand wird dann in die Wohnung des Wäschers verbracht, wo die zweite Operation vorgenommen wird: das Ausziehen des Goldes aus dem Sand mit Hilfe von Quecksilber.

Das Quecksilber hat die Eigentümlichkeit mit Gold feste Legierungen „Goldamalgame" zu bilden. Der Wäscher reibt den durch Wasser dickbreiig gemachten Goldsand mit Quecksilber zusammen in so gründlicher Weise, daß das Quecksilber überall im Sand fein verteilt mit dem Gold zusammentrifft und sich mit diesem zu Goldamalgam vereinigt. Nach Zusatz von mehr Wasser zu dem Sand wird dieser leichter bewegbar und bei weiterem Reiben, Umschwenken der Schüssel und Eintauchen derselben in einen Kübel mit Wasser gelingt es dem Goldwäscher, das Quecksilber, in welchem das Goldamalgam verteilt ist, zu größer werdenden Kügelchen und schließlich zu einer einzigen Flüssigkeit zu vereinigen.

Im südlichen Teil von Baden wird diese Amalgamation in einem über anderthalb Meter langen Holzschiffchen vorgenommen, wie überhaupt die Ausführung der Einzelheiten in verschiedenen Gegenden abweicht.

Das schließlich wieder vereinigte Quecksilber wird durch ein leinenes Tuch gepreßt, wobei das feste Goldamalgam, das vorher im andern Quecksilber suspendiert war, als eine einheitliche Masse zurückbleibt. Das Amalgam von Philippsburg erhielt nach der Bestimmung des Vortragenden etwa 30 % Gold, was sehr nahe einer bestimmten chemischen Formel ($AuHg_2$) entspricht. Durch Erhit-

zung entweicht das Quecksilber aus dem Amalgam und das Gold bleibt zurück.

Der Vortragende sprach weiter über die Herkunft und die Begleitmineralien des Goldes, welche außer den genannten Erzen Edelmineralien wie Granat, Zirkon u. a. sind und unter dem Mikroskop z. T. ihre Kristallform vorzüglich zeigen, da ihre Härte eine Abrundung verhindert hat. Eine im Laboratorium ausgeführte Trennung des Goldsandes nach dem Eigengewicht bewies, wie vorzüglich der Goldwäscher die leichteren Teile aus dem Sand entfernt hatte.

777. Sitzung am 25. November 1914.

Gemeinsam mit dem Karlsruher Bezirksverein Deutscher Ingenieure.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 200 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann hielt einen Vortrag:

Zum 100. Geburtstag von Robert Mayer.

Der Vortragende führte etwa folgendes aus:[1] Das Problem, mit welchem sich Robert Mayer befaßt hat, und dessen glückliche Lösung ihm gelungen ist durch Auffindung des Gesetzes der Erhaltung der Energie und der zahlenmäßigen Beziehung zwischen Wärmeaufwand und Arbeitsleistung (z. B. bei Wärmekraftmaschinen), ist im Grunde so alt wie die Physik selbst. Ausgehend von der stets gleichmäßigen Bewegung der Sterne gelangte schon Aristoteles zu einem „Gesetz von der Erhaltung der kreisenden Bewegung“, welches dann von Galilei durch sein Trägheitsgesetz, das „Gesetz von der Erhaltung der geradlinigen Bewegung“ ersetzt wurde. Nur eine Kraft, die gemessen wird durch das Produkt der Masse des Körpers mit der Beschleunigung — wir nennen sie die „Galileische Kraft“, kann die Bewegung stören.

Eine bewegte Kanonenkugel hat vermöge ihres Bewegungszustandes auch eine Kraft, mit der sie Hindernisse überwinden kann, Leibniz nannte sie „lebendige Kraft“; sie wird aber gemessen durch das halbe Produkt von Masse mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Diese Leibnizsche Kraft ist also etwas anderes als die Galileische Kraft. Man kann das Gesetz der Trägheit auch das „Gesetz der Erhaltung der Leibnizschen Kraft“ nennen. Bei einer senkrecht emporgeschossenen Kugel, die schließlich in bestimmter Höhe zur Ruhe kommt, ist die lebendige Kraft scheinbar tot geworden. In Wirk-

[1] Der Vortrag ist unter den Abhandlungen abgedruckt, S. 83.

lichkeit hat sie sich nur gewissermaßen versteckt, denn sie kommt wieder in vollem Betrage zum Vorschein, wenn die Kugel herunterfällt. Die gehobene Kugel besitzt, wie Joh. Bernoulli im Jahre 1742 sich ausdrückte, Arbeitsfähigkeit. Durch Räderwerke wie bei Uhren kann die Arbeitsfähigkeit, die gemessen wird durch Kraft mal Zeithöhe auf andere Körper unverändert übertragen werden. Es gibt also auch ein „Gesetz der Erhaltung der Arbeitsfähigkeit". Bei einem schwingenden Pendel gehen Arbeitsfähigkeit und lebendige Kraft immerfort wechselweise in einander über, es gilt ein „Gesetz der Erhaltung der Summe von lebendiger Kraft und Arbeitsfähigkeit oder der Energie", welches Wort zuerst von Thomas Young 1807 gebraucht wurde.

Die vielfachen vergeblichen Bemühungen, eine Maschine, die Energie aus Nichts erzeugt, ein perpetuum mobile herzustellen, ließen erkennen, daß das Gesetz streng gültig ist und doch schien es Ausnahmen zu erleiden. Durch Stoß oder Reibung kann die lebendige Kraft einer Kanonenkugel beispielsweise scheinbar vernichtet werden. Der bayerische Kriegsminister Graf Rumford war der erste, der im Jahre 1798 erkannte, daß sie auch in diesem Fall tatsächlich nicht vernichtet ist; daß sie nur in anderer Form erscheint, nämlich als Wärme. Auch die Wärme ist also eine Art Arbeitsfähigkeit, wie Rumford weiter dadurch beweisen konnte, daß eine scharf geladene Kanone sich weniger erhitzt als eine blind geladene, weil nämlich ein Teil der Verbrennungswärme des Pulvers in lebendige Kraft der Kanonenkugel übergeht. Demgemäß war das „Gesetz der Erhaltung der Kraft" zu erweitern, man mußte auch die Wärme als Kraft im Leibnizschen Sinne betrachten.

Bei einer Elektrisiermaschine entsteht nun aber durch Reibung neben Wärme auch Elektrizität. Der Gedanke, auch diese sei eine Kraft, ja auch Magnetismus, chemische Affinität usw. seien Kräfte, die ohne Änderung ihrer Quantität in einander übergehen können, so daß das Gesetz der Erhaltung der Kraft eine ganz universelle Bedeutung habe und keine Ausnahme erleide, wurde zuerst 1837 von Fr. Mohr, Professor der Pharmazie in Bonn, ausgesprochen. Die Begriffe waren ihm aber nicht klar, er verwechselte Galileische und Leibnizsche Kraft und so war seine Hypothese leicht zu widerlegen.

Um wirklich von einem allgemeingültigen Gesetz der Erhaltung der Kraft, von einer Einheit aller Naturkräfte sprechen zu können, mußte zunächst das gemeinsame Maß dieser Kräfte gefunden und

nachgewiesen werden, daß die Umwandlung in bestimmtem unabänderlichem Zahlenverhältnis stattfindet, gleichgültig, welches die Art des Vorganges ist.

Diesen Schritt nun hat zuerst Robert Mayer, Sohn eines Pharmazeuten in Heilbronn, im Jahre 1841 getan. Als Schiffsarzt hatte er Gelegenheit, Vorgänge kennen zu lernen, die nur durch eine Verwandlung von Wärme in lebendige Kraft und umgekehrt zu deuten waren. In die Heimat zurückgekehrt, wo er sich als Arzt niederließ, versuchte er in einer Abhandlung, die er an die Redaktionen der Annalen der Physik sandte, seine Ideen zu allgemeiner Kenntnis zu bringen. Die Arbeit wurde aber nicht aufgenommen, er erhielt nicht einmal eine Antwort! Ursache war vielleicht, daß er damals auch noch nicht klar zwischen Galileischer und Leibnizscher Kraft unterschied; dann aber wohl namentlich der Umstand, daß einige Jahre zuvor Arbeiten von Carnot und Clapeyron erschienen waren, in welchen in exakter Weise bewiesen schien, daß die Wärme etwas unveränderliches, ein Stoff ist und Arbeit aus Wärme nur in der Weise gewonnen werden könne, daß sie von höherer Temperatur auf niedrige herabsinkt, ganz wie bei einem Wasserrad nur Arbeit gewonnen wird, wenn ein Wassergefälle zur Verfügung steht. Auch hier ist es nicht das Wasser, welches sich in Arbeit umsetzt, denn dessen Menge bleibt unverändert.

Wohl gelang es Robert Mayer, seine Entdeckung des richtigen Gesetzes der Erhaltung der Kraft in einem kleinen Aufsatz in Liebigs Annalen der Chemie darzulegen und 1845 in zwei größeren Schriften, für die er aber keinen Verleger fand, so daß er sie auf eigene Kosten drucken lassen mußte.

Die Physiker nahmen aber keine Notiz davon und selbst Helmholtz, der 1847 den Gedanken weiterführte und ihn namentlich auch auf elektrischem Gebiete in präzise Form brachte, erwähnt weder in seiner Schrift noch als Berichterstatter der Zeitschrift Fortschritte der Physik irgend etwas von Rob. Mayer, weil er, wie er später angibt, nichts von dessen Arbeiten wußte. Der Umstand, daß nun in rascher Folge verschiedene Arbeiten erschienen, in welchen ohne Rücksicht auf Mayers Priorität derselbe Gegenstand behandelt wurde, daß sogar auf seine Reklamation ihm selbst jedes Verdienst abgesprochen und nicht einmal eine Erwiderung gestattet wurde, erzeugte bei ihm eine starke seelische Depression und nervöse Erkrankung, infolge deren er einmal aus dem Fenster sprang und

sich eine schwere Verletzung zuzog. Einige Zeit wurde er deshalb ins Irrenhaus gebracht. Schließlich wurde aber doch, auch von Helmholtz und andern hervorragenden Physikern, sein Verdienst anerkannt. Helmholtz sagte, es sei Tatsache, daß er unabhängig und selbständig den Gedanken gefunden habe, der den größten neueren Fortschritt der Naturwissenschaft bedingte. Auf den heutigen Tag war ein großer Festakt zur Jahrhundertfeier der Entdeckung des Gesetzes der Erhaltung der Energie durch Robert Mayer an der technischen Hochschule seines Heimatlandes in Verbindung mit dem Verein deutscher Ingeneure geplant, bei welcher ganz besonders darauf hingewiesen werden sollte, welche außerordentliche Förderung der Technik durch diese Entdeckung zuteil geworden ist. Die Festschrift von Professor Dr. Weyrauch (betitelt: Robert Mayer, zur Jahrhundertfeier seiner Geburt, Stuttgart bei K. Wittwer), welche außerordentlich reiches Material enthält, auch eine lange Liste der Ehrungen für Robert Mayer vor und nach seinem im Jahre 1878 erfolgten Tode, ist bereits erschienen; die Feier selbst, zu welcher zahlreiche Einladungen an Auswärtige ergangen waren, konnte leider des Krieges wegen nicht stattfinden. Das Denkmal, das sich Mayer selbst durch seine jetzt allgemein anerkannte Entdeckung gesetzt hat, machte aber besondere Ehrungen eigentlich entbehrlich.

778. Sitzung am 11. Dezember 1914.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 21 Mitglieder.

Herr Dr. Wilser berichtete zunächst „Über die neuesten Fossilmenschenfunde in Deutschland“. Zwei für die Vorgeschichte der Menschheit wichtige Entdeckungen fallen ins verflossene Jahr. Die durch die Zähne und Schädelstückchen von Taubach, einer als Fundstätte fossiler Gebeine bekannter Ortschaft bei Weimar, erweckten Hoffnungen haben sich erfüllt. In der nächsten Umgebung, bei Ehringsdorf, wurde am 8. Mai in einem Steinbruch, 12 Meter unter der Oberfläche ein Unterkiefer freigelegt, dessen ganze Gestalt, insbesondere das fehlende Kinn und die Enge des Kieferbogens, dem Sachverständigen auf den ersten Blick die Zugehörigkeit zu einer tiefstehenden Menschenart bezeugte. Zur weiteren Behandlung wurde das wertvolle Fundstück den bewährten Händen des Straßburger Anthropologen Schwalb anvertraut, der darüber im Anatomischen Anzeiger (XLVII 13) einen Vor-

bericht erstattet hat. Mit vollem Recht schreibt dieser Gelehrte, man dürfe den Knochen „wohl als Weimarer Unterkiefer“, nicht aber als Teil eines Homo Weimariensis bezeichnen, da er zwar einige Eigentümlichkeiten aufweist, die sich „aber alle auf denselben Grundtypus (der der Urmenschen, H. primigenius) zurückführen lassen“. Dazu gehört z. B. der Vorsprung des oberen, die Zahnhöhlen enthaltenden Randes, eine sog. „alveolare Prognathie“. Von solchen Unterkiefern kennen wir jetzt über ein Dutzend, und sie lehren, daß die spärlichen und zerstreuten Horden des Urmenschen auf dem Weg zu höherer Entwicklung bald in dem einen, bald in dem anderen Merkmal vorausgeeilt waren. Wollten wir bloß die Enge des Bogens berücksichtigen, so müßten wir dem Ehringsdorfer Kiefer die „tiefste Stelle innerhalb der Spezies H. primigenius“ anweisen, eine entschieden noch tiefere als dem Mauerkiefer. In anderer Hinsicht, so z. B. in der Rückbildung der Weisheitszähne, steht er wieder etwas höher. Sein Alter ist auf etwa 400 000 Jahre zu veranschlagen; trotzdem war sein Träger, wie mitgefundene Feuersteingeräte und Kohlenspuren beweisen, nicht aller Gesittung bar. Unter der gleichalterigen Tierwelt findet sich noch das gegen Ende der Eiszeit bei uns ausgestorbene haarlose Nashorn (Rhinoceros Merckii). — Wesentlich, vielleicht um 200 Jahrtausende, jünger sind die am 18. Februar bei Oberkassel, auf dem rechten Rheinufer in der Nähe von Bonn, gefundene Gebeine, zwei fast vollständige Skelette, und zwar verschiedenen Geschlechts, die der Vortragende am 23. Juni in einer Versammlung der Bonner Anthropologischen Gesellschaft selbst zu besichtigen Gelegenheit hatte. In dieser stark besuchten Sitzung besprachen die dortigen Gelehrten Steinmann, Verworn und Bonnet ausführlich den Fund von seiner zoologischen, archäologischen und anatomischen Seite (Sitzungsbericht in den „Naturwissenschaften“ II 27). Er gehört in die Renntierzeit, als der Mensch schon kunstreiche Geräte aller Art aus Bein und Horn zu schnitzen verstand. Zwei solcher Gegenstände, ein Pferdekopf und eine zierliche Nadel, waren den Bestatteten beigegeben. Diese sind von mittlerem und zierlichem Wuchs (155—160 cm), wenn auch die männlichen Gebeine auf große Leibeskraft schließen lassen. Die Schädel zeigen einen ausgesprochenen Langbau (Ind. 70 und 74) und gut entwickelte Kinnvorsprünge, so daß die Arten primigenius und brachicephalus ausgeschlossen sind. Am zweckmäßigsten teilen wir daher den Fund den urgeschichtlichen

Vorfahren der heutigen Mittelmeervölker zu (H. mediterraneus fossilis), ebenso wie die lange nicht so vollständigen und wohl erhaltenen Gebeine aus dem Höhlenfels bei Nürnberg. Die nach dem männlichen Schädel ziemlich stark entwickelten Stirnwülste sind wohl nur ein Zeichen großer Muskelkraft und brauchen nicht als Beweis einer Kreuzung mit H. primigenius gedeutet zu werden. — Schließlich erzählte der Vortragende noch einiges von dem klugen Hund von Mannheim, den er nun seit zwei Jahren beobachtet und vor kurzem wiedergesehen hat. Obwohl wegen schwerer Erkrankung seiner Herrin von einem regelrechten Unterricht keine Rede mehr sein konnte, haben sich seine erstaunlichen Fähigkeiten noch weiter entwickelt. Seine nun 10 Monate alten Jungen lassen durchweg eine sehr gute Begabung erkennen und leisten zum Teil schon Bemerkenswertes. Wenn die Dame, wie sie hofft, den Unterricht wieder aufnehmen kann, werden einige von ihnen vielleicht den Vater erreichen und dadurch den Beweis liefern, daß auch im Tierreich die geistigen Eigenschaften sich wie die leiblichen vererben.

Herr Professor Dr. Teichmüller berichtete sodann über einen neuen Leitungsdraht, der nach einem erst wenige Tage alten Beschlusse des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für elektrische Hausinstallationsleitungen hergestellt werden soll. Anlaß dazu hat der Krieg gegeben, insofern die Elektrotechnik mit der Verwendung der zur Herstellung von Kriegsmaterial brauchbaren Stoffe, Kupfer und Gummi, sparsam umgehen will. Der neue Leitungsdraht besteht aus Eisen mit stark getränkter Papierisolation, über die ein Eisenmantel gefalzt ist; es ist also ein Rohrdraht, wie er, aus andern Stoffen hergestellt, schon seit mehreren Jahren verwendet wird. Das Eisen hat zwar einen fast acht mal so großen spezifischen Widerstand als das Kupfer, die Querschnitte brauchen aber bei weitem nicht acht mal so groß zu sein, weil die meisten Leitungen in unsern Hausinstallationen mit Rücksicht auf mechanische Festigkeit mindestens 1 qmm stark genommen werden, während sie in einer Stärke von Bruchteilen eines qmm den elektrotechnischen Ansprüchen, die man an sie stellt, im allgemeinen weitaus genügen würden. Die Rechnung hat z. B. ergeben, daß in einem dreistöckigen Mietshaus mit drei Vierzimmerwohnungen für alle Leitungen in den Stockwerken Eisendrähte von 1,5 qmm genügen, wenn für die Steigleitungen 4 und 6 qmm starke Leitungen verwendet werden. — Auch die Freileitungen sollen nach Möglichkeit in Eisen ausgeführt werden.

Herr Prof. Dr. Schultheiß macht zum Schluß einige Mitteilungen über die Hörbarkeit des Kanonendonners.

779. Sitzung am 22. Januar 1915.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.

Herr Professor Dr. P. Askenasy sprach über das Thema: „Allgemeines zur Stickstofffrage". Der Vortragende wies auf die große Bedeutung der Frage für unsere Ernährung hin. Die Weltproduktion der stickstoffhaltigen Düngemittel stieg von 2,8 Millionen Tonnen im Jahre 1880 auf 4,5 Millionen 1913. Von letzteren kamen als Chilesalpeter aus Chile 2,5 Millionen. Deutschland allein verbrauchte 1913 0,8 Millionen Tonnen Salpeter. Da die natürlichen Vorräte an Salpeter nicht unerschöpflich sind, da man auch mit dem Guano und Algendünger, sowie mit den mit der atmosphärischen Feuchtigkeit zur Erde wandernden assimilierbaren Stickstoffmengen, die Arrhenius für die ganze Erdoberfläche auf 400 Millionen Tonnen jährlich berechnet, ferner auch mit den Stickstoff bindenden Knöllchenbakterien der Leguminosen dem Boden nicht genügend Stickstoffdünger zuführen kann, müssen wir uns auf eine steigende Produktion an künstlichen Stickstoffdüngern einrichten. Als solche kommen in Betracht:

1. Salpetersäure aus Luft. Sie ist nur mit Hilfe billigster Wasserkräfte gewinnbar. Europa produziert zurzeit 130 000 Tonnen Kalksalpeter auf diesem Wege. Die Produktion wird voraussichtlich bald auf 600 000 Tonnen steigen.

2. Ammoniumsulfat. Es entstammt heute noch größtenteils den Kokereien und den Gasanstalten. Die Weltproduktion betrug 1913 1,2 Millionen Tonnen, in Deutschland allein 0,5 Millionen. Da sie in den Kokereien nicht dem steigenden Bedarf entsprechend ausdehnungsfähig ist, muß die chemische Synthese eingreifen. Auf diesem Gebiet hat unbestreitbar den größten Erfolg das Verfahren der Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff auf Basis der Erfindung von Professor F. Haber. Dieses jüngste Verfahren wird trotzdem schon in allergrößtem Maßstab ausgeführt. Von welcher großer Bedeutung es auch gerade jetzt ist, wird erst nach Beendigung des Krieges allgemeiner bekannt werden. — Die Bedeutung des ebenfalls in Deutschland aus Kalziumkarbid erzeugbaren Kalkstickstoffes, der sich als Dünger bestens be-

währt hat, tritt in diesem Augenblick gegen das Haber-Verfahren etwas zurück, wennschon auch von Kalkstickstoff bereits über 100 000 Tonnen jährlich erzeugt werden. — Die wissenschaftliche Bearbeitung aller dieser Methoden, auch die der Gewinnung von Ammoniak aus Aluminiumnitrid, auf deren Zusammenhang mit der Aluminiumindustrie der Vortragende hinwies, ist größtenteils von den Chemikern der Karlsruher Hochschule ausgeführt worden. — An den Vortrag schloß sich eine lebhafte Diskussion.

Herr Geh. Oberforstrat Siefert schließt sich den Dankesworten des Vorsitzenden an den Vortragenden an. Es ist die Stickstoffrage für die Ernährung und Wehrhaftigkeit unseres Volkes (Herstellung von Sprengstoffen) von größter Wichtigkeit. Nach Meldungen der landwirtschaftlichen Presse ist die Errichtung von drei Fabriken nach der Haberschen Erfindung in Angriff genommen. Es wäre von Interesse zu hören, wo diese Gründungen stattfinden und ob sie durch den Staat oder die Privatindustrie erfolgen. Bei dem Wegfall des unter den künstlichen Stickstoffdüngern an erster Stelle benützten Chilesalpeters ist es dringend nötig, daß nicht nur neue Stickstoffquellen erschlossen werden, sondern daß die Preise für diese Düngemittel, die an sich schon sehr hoch sind (1 kg. Stickstoff kostet etwa 1,20 M.), nicht in die Höhe getrieben werden, zumal eben neben der Stickstoffzufuhr nach dem Minimumgesetz auch noch andere Düngemittel dem Boden gegeben werden müssen, um gute Ernten zu erzielen. Leider verbietet in der Regel der hohe Stickstoffpreis die Anwendung dieses Düngemittels auf den Wiesen zur Steigerung der so nötigen Futtererträge. In der gegenwärtigen, an sich teueren Zeit ist nach mancherlei Anzeichen zu befürchten, daß besonders die kleineren Landwirte, die in Baden weitaus vorwiegen, mit der Anschaffung von Düngemitteln zurückhalten, was gerade jetzt, wo die Erzielung größtmöglicher Ernten durchaus nötig ist, im höchsten Grade bedenklich wäre.

780. Sitzung am 19. Februar 1915.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 43 Mitglieder.

Herr Thieme hielt einen Vortrag über Funkentelegraphie.

781. Sitzung am 5. März 1915.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 200 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann hielt „Zum 70. Geburtstag von W. C. von Röntgen“ einen Vortrag, dessen Inhalt in Kürze der folgende war: [1]

Kaum bekannt geworden, hat die Entdeckung der Röntgenstrahlen sofort das lebhafteste Interesse der ganzen gebildeten Welt erregt, nicht nur wegen der wunderbaren Eigenschaften dieser Strahlen, sondern hauptsächlich wegen der Aussicht außerordentlich nützlicher Verwertung derselben auf ärztlichem Gebiete. Was man erwartete, ist eingetroffen und gerade im jetzigen Kriege leisten die Röntgenaufnahmen der Chirurgie die allergrößten Dienste. Wir sind stolz darauf, daß ein Deutscher der Welt eine so hervorragende Entdekkung geschenkt hat, daß diese Entdeckung hervorgegangen ist aus den Forschungen deutscher Physiker (Hittorf, Hertz, Lenard), und daß ihre praktische Verwertung hauptsächlich durch deutschen Fleiß zur höchsten Vollendung gebracht wurde.

An der Hand zahlreicher Experimente, Lichtbilder, Wandtafeln und ausgestellter Röntgenaufnahmen zeigte der Vortragende, wie die theoretischen und experimentellen Forschungen über die Vorgänge bei elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen, insbesondere über die Natur der Kathodenstrahlen, zunächst zur Auffindung der Lenardstrahlen geführt haben. Er erörterte die verschiedenen Schwierigkeiten, die sich der Herstellung für den praktischen Gebrauch geeigneter Apparate zur Erzeugung der Röntgenstrahlen entgegenstellten und wie diese Schwierigkeiten der Reihe nach überwunden wurden. Auch die neuesten Formen von Röntgenröhren, die Coolidge- und Zehnder-Röhre, wurden besprochen und gezeigt, wie es wieder rein wissenschaftliche Untersuchungen (über das Freiwerden von Elektronen aus weißglühendem Wolfram und über die Beseitigung der letzten Gasreste aus Elektroden und Röhren waren, die zu diesen wesentlichen technischen Fortschritten geführt haben, welche allerdings noch nicht in die Röntgenpraxis Eingang gefunden haben, da die neueren Röhren im Handel noch nicht zu haben sind.

Noch wunderbarer als die medizinische Röntgentechnik und in ihren Folgen unabsehbar ist die durch M. v. Laues Entdeckung der

[1] Der Vortrag ist abgedruckt unter den Verhandlungen, S. 105.

Interferenz von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Kristalle in allerneuester Zeit ermöglichte Erforschung der Molekularstruktur der Kristalle mit Hilfe der Röntgenstrahlen. Diese Entdeckung liefert zugleich den Beweis, daß die Röntgenstrahlen im Grunde nichts anderes sind als ultraviolette Lichtstrahlen, deren Wellenlänge aber außerordentlich viel kleiner ist, als die der kürzesten bis jetzt bekannten Wellen. Die Lenardstrahlen, welche Ströme negativer Elektrizität sind und demgemäß von einem Magneten abgelenkt werden, sind dagegen, trotz ähnlicher Eigenschaften, keine Lichtstrahlen. Es gibt verschiedenartige Röntgenstrahlen, so wie es verschiedenartige Lichtstrahlen gibt, nämlich langwellige oder weiche Röntgenstrahlen, die nur geringes Durchdringungsvermögen haben, und kurzwellige oder harte Strahlen, die selbst sehr dicke Körper durchdringen können, ohne merklich absorbiert zu werden. Die gewöhnlich gebrauchten Röntgenstrahlen sind ein Gemisch verschieden harter Strahlen, ähnlich wie das gewöhnliche weiße Licht ein Gemisch verschiedenfarbiger Lichtstrahlen (d. h. von Strahlen verschiedener Wellenlänge) ist. Die Wellenlänge mittelharter Röntgenstrahlen ist rund 10 000 mal kleiner als die der äußersten ultravioletten Strahlen. Sie entstehen ähnlich wie die Lichtstrahlen durch Wiedervereinigung von Elektronen mit dem Atomrest, von welchem die Elektronen beim Durchgang von Kathodenstrahlen oder von anderen Röntgenstrahlen (d. h. beim Durchgang starker elektrischer und magnetischer Felder) abgetrennt wurden. Die Wiedervereinigung erfolgt unter pendelnden Schwingungen, deren Zahl pro Sekunde im genannten Fall etwa 30 Trillionen beträgt. Dabei werden elektrische und magnetische Felder, deren Dicke nur etwa $^2/_{10}$ von der Dicke eines Atoms beträgt, in den Raum hinausgesandt, welche pro Sekunde wie die des Lichtes eine Strecke von 300 Milionen Meter zurücklegen. Die Wellenlänge dieser Röntgenstrahlen, d. h. die Dicke dieser elektrischen und magnetischen Felder (ein positives und ein negatives zusammengerechnet) ist umgekehrt proportional der Spannungsdifferenz der Elektroden der Röntgenröhre, die selbst wieder abhängt von der Güte des Vakuums in der Röhre und mit dieser wächst. Je größer die Spannungsdifferenz der Elektroden, um so größer ist nämlich die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, durch welche die Röntgenstrahlen erzeugt werden, um so heftiger also der Zusammenstoß, der in den Kathodenstrahlen fortbewegten Elektronen mit den Molekülen. Ist die Geschwindigkeit kleiner als 2 Mil-

lionen Meter pro Sekunde, so ist der Anprall zu schwach, um Elektronen aus den Molekülen auszutreiben, so daß auch keine Röntgenstrahlen entstehen. Die Spannungsdifferenz, welche der genannten Geschwindigkeit entspricht, beträgt nur 11 Volt. Mit zunehmender Spannungsdifferenz entstehen zunächst sehr weiche Röntgenstrahlen, die nicht einmal imstande sind, die Glaswand der Röhre zu durchdringen. Für ärztliche Durchleuchtungen werden Spannungen von 50 000 bis 200 000 Volt gebraucht. Bei dem überaus raschen Wechsel der Richtung der elektrischen und magnetischen Kräfte der Röntgenstrahlen, d. h. bei der außerordentlich großen Schwingungszahl derselben, können die Elektronen der getroffenen Atome im allgemeinen nicht in Mitschwingung versetzt werden. Die Röntgenstrahlen werden deshalb nicht reflektiert und gebrochen wie gewöhnliche Lichtstrahlen, wohl aber treten Beugungserscheinungen auf, ganz wie bei Lichtstrahlen, die durch ein aus sehr feinen Spalten bestehendes Gitter (Beugungsgitter) hindurchgehen. Wie im genannten Falle sieht man auf dem auffangenden Schirme den hellen Streifen, welchen das auftreffende Strahlenbündel erzeugt, umgeben von anderen hellen Streifen, aus deren Abstand die Wellenlänge genau berechnet werden kann. Geeignete Gitter, deren Spalten der geringen Wellenlänge der Röntgenstrahlen entsprechend nicht viel größer sein dürfen, als die Atomdurchmesser, finden sich bei Kristallplatten, da in solchen die Moleküle zu regelmäßigen Raumgittern geordnet sind. Man kann eine solche Platte auffassen als ein System hintereinander aufgestellter Paare von gekreuzten Gittern, wobei sich natürlich entsprechend kompliziertere Interferenzerscheinungen ergeben, als bei einfachen Beugungsgittern. Man sieht ein System von hellen Flecken auf dem Schirm, welche solche Lage haben, als ob die Röntgenstrahlen von den Molekülschichten reflektiert würden, zwischen welche ihre Wellenlänge gewissermaßen hineinpaßt, wie es bei Reflexion des Lichtes bei den Lippmannschen Farbenphotographien der Fall ist. Kennt man also die Wellenlänge der Röntgenstrahlen, so kann man umgekehrt aus dem Interferenzbild einen Schluß ziehen auf die Beschaffenheit des Raumgitters, d. h. auf die Art der Anordnung der Moleküle. Beispielsweise findet man beim Diamant eine Anordnung, wie sie nach den bisherigen Ergebnissen der Chemie hinsichtlich der Art der Gruppierung der Atome (nach Wertigkeiten) zu erwarten war, die aber unter den bisherigen Raumgittersystemen der Kristallographie fehlte. Da eine

Gruppe von Atomen ein Molekül bildet, kann man im Prinzip auch Aufschluß erhalten über die innere Konstitution eines Moleküls, und über die Abstände der darin enthaltenen Atome, eines der wichtigsten Probleme der Wissenschaft. So wie der Maschinenbauer naturgemäß die Leistungen einer Maschine nur dann genau vorausberechnen kann, wenn er deren Zusammensetzung genau kennt, so ist zur Vorausberechnung der Naturerscheinungen genaue Kenntnis der verborgenen Zusammensetzung der Materie erforderlich. Selbst bei Lebewesen spielt diese eine große Rolle und Übergänge zwischen der einfachen Molekularanordnung der festen Kristalle und der sehr komplizierten bei Lebewesen sind in den flüssigen Kristallen gegeben. Auch diese sind bereits nicht ohne Erfolg mit Röntgenstrahlen untersucht worden, doch müßte, um weitere Fortschritte zu erzielen, weil die Objekte, ähnlich wie Bakterien, organische Zellen usw. sehr klein sind, erst noch eine Art Röntgenstrahlen-Mikroskop erfunden werden, was wohl durch die neueren Verbesserungen von Röntgenröhren möglich werden wird.

782. Sitzung am 12. Mai 1915.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 150 Mitglieder.

Herr Ingenieur Dinessen hielt einen Lichtbildervortrag über: Unsere Flotte (Großkampfschiffe, Torpedo- und Unterseeboote.

783. Sitzung am 17. Dezember 1915.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 15 Mitglieder.

Der Vorsitzende Herr Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann gedachte zunächst des Ablebens zweier langjähriger Mitglieder des Vereins, des Wirklichen Geheimen Oberpostrats Joh. Friedr. Hess und des Alt-Stadtrats Adolf Meess, die beide der Tätigkeit des Vereins stets reges Interesse entgegenbrachten und von welchen besonders der letztere mehrfach seine Arbeitskraft und sein tiefgehendes Wissen auf dem Gebiete der Schmetterlingskunde in den Dienst des Vereins gestellt hat. Sodann berichtete er über die neuesten Forschungsergebnisse bezüglich der Struktur kristallinischer Flüssigkeiten. Man

kann drei Arten solcher unterscheiden. Die zähflüssigen Kristalle haben dieselbe Struktur wie die festen. Die Moleküle sind zu regelmäßigen Raumgittern zusammengelagert, wie durch das Verfahren von v. Laue durch Röntgenstrahlen nachgewiesen werden kann. Beim Fließen wird das Raumgitter gestört, was aber keine Änderung der Eigenschaften bedingt, wie sie nach der althergebrachten Theorie der Aggregatzustände der Polymorphie und der Amorphie eintreten müßte. Diese Theorie ist somit unrichtig. Die Änderung des Raumgitters erfolgt so, daß sich die Moleküle in die Stellung geringsten Widerstands gegen den ausgeübten Zwang zu begeben suchen, ähnlich wie die Lenkrollen an einer Rollkarre beim Verschieben derselben sich so einstellen, daß ihre Achse senkrecht zur Richtung der Verschiebung wird, wobei sich letztere mit geringster Kraft vollzieht. Die zweite Klasse ist die der schleimigflüssigen Kristalle. Deren Moleküle ordnen sich immer in geradlinige Reihen, aufeinandergeschichteten Tellern vergleichbar. Im Normalzustand sind diese Molekülreihen parallel. Er stellt einen Übergang zur Raumgitterstruktur der festen und zähflüssigen Kristalle dar, unterscheidet sich aber von dieser dadurch, daß die Moleküle um die Achse der Reihen beliebig gegen einander verdreht sein können (Halbisotropie). Beim Fließen verdrehen sich die Molekülreihen gegeneinander ohne ihre gradlinige Gestalt zu verlieren. Sie gehen dabei stets von Punkten einer Unstetigkeitslinie aus und endigen an Punkte einer zweiten. Gewöhnlich sind diese Unstetigkeitslinien Basisrand und Achse eines Doppelkegels, doch können es auch z. B. zwei zu einander senkrechte sich nicht schneidende gerade Linien sein oder Ellipsen, die wie Kettenglieder mit einander verschränkt sind usw. Außerdem verkürzen oder verlängern sich die Molekulreihen beim Fließen immer so, daß die Anzahl der Moleküle in der Raumeinheit, d. h. die Dichte der Substanz, dieselbe bleibt. Ganz wie im Fall einer Säule aufeinander geschichteter Teller sind die beiden Enden einer Molekülreihe ungleichwertig, so daß man den Molekülen geradezu teller- oder schalenförmige Gestalt zuschreiben muß. Kommen zwei homogene schleimig-flüssige Kristalle in übereinstimmender Stellung, d. h. so daß die konkaven Enden der Molekülreihen nach derselben Seite gerichtet sind, in Berührung, so fließen sie — ebenso wie zwei Wassertropfen in Berührung kommend, sich zu einem Tropfen vereinigen —, zu einem Kristallindividuum von normaler Struktur zu-

sammen. Ist aber ihre Stellung entgegengesetzt, so bleiben die Molekülreihen nicht parallel, es entstehen Strukturstörungen, der genannten Art, die sich durch ihre eigentümliche Lichtbrechung verraten. In einer größeren Masse schleimig-kristallinischer Flüssigkeit wird durch die zahlreichen Strukturstörungen eine Trübung bedingt, wie wenn die Substanz durch eingebrachten feinen Staub verunreinigt wäre. Wird eine solche Masse zum Fließen gebracht, so kann die Zahl der Strukturstörungen und damit die Trübung sowohl zunehmen wie abnehmen, denn wie bei den zähflüssigen Kristallen macht sich ein Bestreben der Moleküle geltend, die Stellung geringsten Widerstandes anzunehmen. Auch die molekularen Kräfte, welche von den Gefäßwandungen ausgehen, kommen zur Geltung und ganz besonders merkwürdige Gebilde und Strukturen entstehen, wenn fremde Stoffe von der kristallinischen Flüssigkeit aufgelöst werden. Das Grundgesetz bleibt aber immer bestehen; sowohl im Ruhezustand wie während des Strömens, selbst wenn dieses ein wirbelartiges ist, bleiben die Molekülreihen stets geradlinig, sie ändern nur ihre Richtung und ihre Länge. Dieses Gesetz gilt nicht für die tropfbar-flüssigen Kristalle, welche freischwebend die Form kugeliger Tropfen annehmen und wie solche zusammenfließen. Die Erscheinungen sind hier so verwickelt, daß sie sich nicht mit kurzen Worten beschreiben lassen. Der Vortrag wurde begleitet von Vorführung zahlreicher meist farbiger Lichtbilder.

784. Sitzung am 20. Januar 1916.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 25 Mitglieder.

Herr Lehrer Schnebel hielt einen Vortrag über: „Die Anwendung von Detektoren und Verstärkungsröhren in der drahtlosen Telegraphie“.

785. Sitzung am 11. Februar 1916.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 150 Mitglieder.

Herr Oberbaurat Rehbock sprach über die Hochwasserkatastrophe in Holland am 13./14. Januar 1916. Der Redner wies einleitend auf die geschichtliche Entwicklung der Niederlande hin,

deren Gestalt zum Teil von seinen Bewohnern im Kampf mit dem Wasser festgelegt worden ist, indem große Gebiete dem Meere durch Eindeichung abgewonnen wurden. Heute ist das ganze Landgebiet, soweit es nicht durch Dünen geschützt ist, durch Deiche gegen die Angriffe des Meeres gesichert. Hinter diesen Deichen liegen ausgedehnte Landflächen in einer Größe von etwa 7700 Quadratkilometer, d. h. von der halben Größe des Großherzogtums Baden, unter der mittleren Höhe des Meeresspiegels. Diese mit dem Namen „Polderland" bezeichneten Bodenflächen werden durch dauerndes Auspumpen des Niederschlagwassers mit Pumpwerken trokken gehalten. Sie finden in sehr ausgedehntem Maß für eine sehr gewinnbringende Viehzucht Verwendung als Grasland. Die Sicherheit des Polderlandes beruht auf der Festigkeit der Deiche, die meist durch Deichgenossenschaften unterhalten werden. In früheren Jahrhunderten waren Deichbrüche an der Tagesordnung. Sie führten vielfach zur Überschwemmung ausgedehnter Landflächen, namentlich in den bis 4 Meter unter dem Meeresspiegel liegenden Gebieten um die Zuidersee herum. Zum letztenmal hat eine große Sturmflut am 4./5. Februar 1825 sehr umfangreiche Gebiete der Provinzen Nordholland, Friesland und Oberysel unter Wasser gesetzt. Seit jener Zeit aber galten die Poldergebiete der Niederlande als sicher.

Eine gewaltige, durch einen schweren Nordweststurm hervorgerufene Sturmflut hat in der Nacht vom 13. zum 14. Januar d. J. das Wasser der Zuidersee bis zu einer vorher noch nie erreichten Höhe ansteigen lassen und eine Hochwasserkatastrophe veranlaßt, wie sie die jetzt lebende Generation noch nicht gesehen hat. Um die ganze Zuidersee herum haben die Deiche schwer gelitten, an zahlreichen Stellen sind sie gebrochen, so daß sich die Fluten des Meeres weithin über die tiefliegenden Landgebiete ergießen konnten. Die schwersten Überschwemmungen sind in der Provinz Nordholland nördlich des Amsterdamer Seekanals eingetreten, wo im äußersten Norden beim Helder 3000 Hektar des Anna-Paulowna-Polders unter Wasser liefen, vor allem aber weiter südlich, wo gegenüber der auch selbst überfluteten Insel Marken die Zuidersee-Deiche an vielen Stellen durchbrochen wurden. Hier gerieten sehr ausgedehnte Gebiete von zusammen 13 000 Hektar, sowie die Städte Edam, Purmerend, Zaandam und eine große Anzahl kleinerer Ortschaften unter Wasser. Ein ganz ungeheuerer Schaden wurde dabei angerichtet, weil die salzigen Fluten das überschwemmte Gebiet vielleicht auf Jahre

hinaus der vollen Nutzung entziehen werden. Zahlreiche Häuser wurden zerstört und große Mengen Vieh kamen ums Leben. Die Gesamthöhe des Schaden läßt sich heute noch nicht übersehen, wird aber auf Hunderte von Millionen Gulden geschätzt.

Der Redner besprach sodann eingehend die Mittel, die von holländischen Ingenieuren zur möglichst schnellen Trockenlegung des Überschwemmungsgebietes vorgeschlagen wurden. Durch Eingreifen des Militärs ist es zunächst gelungen, die das noch nicht überflutete Gebiet schützenden Zwischendeiche in aller Eile aufzuhöhen und dadurch eine weitere Ausdehnung der Überschwemmung zu verhindern. Zur weiteren Sicherung der gefährdeten Gebiete wurde unter Mitverwendung des vorhandenen Eisenbahndeiches ein neuer Schutzdeich von Zaandam bis Edam ausgeführt. Die Wiederherstellung der Seedeiche selbst dürfte aber noch wenigstens zwei Monate in Anspruch nehmen. Erst dann kann mit dem Auspumpen des Überflutungswassers begonnen werden. Hierzu können auch die starken Pumpwerke bei Amsterdam und unter Umständen sogar die 50 Kilometer vom Überflutungsgebiet entfernten Pumpwerke bei Gouda und Katwyk Verwendung finden.

Um eine Wiederholung einer solchen Hochwasserkatastrophe sicher zu verhindern, werde zurzeit in Holland die Verwirklichung des Projektes zur Trockenlegung der Zuidersee ernstlich in Erwägung gezogen. Es ist zu erwarten, daß das eingetretene schwere Unglück die schon seit über 20 Jahren verfolgten Arbeiten zur Erreichung dieses Zieles fördern wird. Der Redner ging dann noch auf die Einzelheiten des im Jahre 1891 vom jetzigen Wasserbauminister Dr. Lely aufgestellten Entwurfs der „Zuidersee-Vereinigung" näher ein, nach dem die Zuidersee durch einen über die Insel Wieringen führenden Seedeich von der Nordsee abgetrennt und in einen Süßwassersee verwandelt werden soll. Im Laufe der Zeit sollen von der Fläche dieses Sees allmählich 194 000 Hektar trocken gelegt werden, auf welchem neu gewonnenen Gebiet dann etwa ¼ Million Menschen ihr Auskommen finden könnten.

Der Vortrag wurde durch eine große Anzahl interessanter Lichtbilder erläutert, die in anschaulicher Weise die gewaltigen Zerstörungen der Fluten an Deichen, Häusern und Schiffen erkennen ließen.

Nach dem Vortrag fand die Mitgliederhauptversammlung statt, die schon ein Jahr zuvor hätte abgehalten wer-

den sollen; wegen der kriegerischen Ereignisse und der Schwierigkeiten der Rechnungsprüfung hat sie verschoben werden müssen.

Der Schriftführer gab den üblichen Bericht über die Vereinstätigkeit im abgelaufenen Vereinsjahr, der Rechner den Kassenbericht; beiden wurde der Dank des Vereins durch den Vorsitzenden ausgesprochen und dann Entlastung erteilt.

Der Vorstand wurde durch Zuruf wiedergewählt; außerdem noch Herr Bankdirektor Gau, dem das Amt des Rechners übertragen wurde.

786. Sitzung am 14. Februar 1916.

Vorsitzender: Herr Geh. H· frat Dr. Lehmann. Anwesend ca. 200 Zuhörer.

Gemeinsame Sitzung mit dem Karlsruher Bezirksverein Deutscher Ingenieure, der Chemischen Gesellschaft des Badischen Architekten- und Ingenieurvereins und des Elektrotechnischen Vereins der auch S. K. Hoheit der Großherzog anwohnte. Herr Geheimerat Dr. Lummer von der Universität Breslau hielt einen Vortrag über „Die Verflüssigung der Kohle und die Herstellung der Sonnentemperatur". Herr Professor Dr. Lummer begann seinen lebensprühenden, mit Witz und Laune gewürzten Vortrag mit Betrachtungen über die Grenzen des Naturerkennens und über die Möglichkeit, die einmal zu Ende gehende Kohlenergie zu ersetzen, um hierauf die verschiedenen Methoden zu entwickeln, sehr hohe Temperaturen aus der Strahlung der Körper zu bestimmen.

Als wichtigstes Ergebnis der mit dem Lummerschen Interferenzphoto- und Pyrometer und nach der Lummer-Pringsheimschen Methode der logarithmischen Isochromaten angestellten Versuche ist die Tatsache hervorzuheben, daß die wahre Temperatur des positiven Kohlenkraters der in freier Luft brennenden Bogenlampe von Stromstärke und Bogenlänge unabhängig ist und rund 4200 abs. beträgt. Wenn alle früheren Versuche (Desprez, Moissan u. a.) durch Steigerung der Energiezufuhr die Kohle der Bodenlampe zum Schmelzen zu bringen, mißlungen sind, so daß seither der Satz: die reine Kohle ist unschmelzbar und geht bei hoher Temperatur unmittelbar aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand über — als unumstößlicher Lehrsatz galt, so war der Anreiz, für den Forscher um so größer, die Versuche zum Schmelzen des Kohlen-

stoffs unter veränderten Bedingungen wieder aufzunehmen. Durch Verminderung des Drucks auf ½ Atmosphäre und Anwendung verhältnismäßig kleiner Stromstärke ist es in der Tat dem Vortragenden gelungen, einen Zustand des positiven Kraters herbeizuführen, der allen Anzweiflungen zum Trotz sich als flüssiger Zustand des reinen Kohlenstoffs erwies. Schwer zu beschreiben ist der wunderbare Anblick des in starker Vergrößerung projizierten Kohlenflusses, auf dessen dunklem Hintergrund, Eisschollen vergleichbar, ungemein helle fünf- bis sechseckige Körper, sog. „Fische", mit fabelhafter Schnelligkeit sich hin- und herbewegen, während ein wabenähnliches Netz warscheinlich kristallisierten Kohlenstoffs von mittlerer Helligkeit die auf die Waben passenden Fische auffängt, worauf sie von der Mitte her wieder geschmolzen werden. Die Fische sind wahrscheinlich Graphitkristalle, wie ebenso die wieder erstarrte Kohlenflüssigkeit sich als Graphit nachweisen läßt. Ausdrücklich weist der Vortragende die Annahme zurück, daß seine Versuche mit der Herstellung künstlerischer Diamanten in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Dagegen zeigt er durch den Versuch, daß auch andere Kohlensorten, insbesondere glasklare Diamanten, geschmolzen werden können und ebenfalls den oben geschilderten Anblick darbieten, ferner, daß das Schmelzen der Kohle auch bei anderen Drucken, von $^1/_5$ bis 2 Atmosphären, gelingt. Die Konstanz der Temperatur der aus festem Zustand verdampfenden Kohle ließ vermuten, daß diese Temperatur durch Druckverminderung erniedrigt, durch Drucksteigerung erhöht werden kann.

Die Schwierigkeit, welche sich bei den hierauf bezüglichen Versuchen einstellte und darin bestand, daß die Bogenlampe bei erhöhtem Druck nicht brennen wollte, mußte durch besondere Kunstgriffe überwunden werden. So gelang es, den Lichtbogen bei Druck bis zu 23 Atmosphären zu erzeugen und dadurch Temperaturen herzustellen, die bis zu 8000 Grad gehen, während die Temperatur der mit Platinstrahlung strahlenden Sonne zu etwa 6000 Grad angenommen werden kann. Würde es möglich sein, den Lichtbogen bei noch viel höheren Drucken von 500 bis 600 Atmosphären zustande zu bringen, so müßte er der Berechnung nach eine Temperatur von 200 000 Grad haben. Eine Gegenüberstellung zweier Bogenlampen, die unter 1 bezw. 2 Atmosphären Druck brannten, gab den unmittelbaren Beweis, daß der höhere Druck eine Erhöhung der Temperatur und damit eine noch viel stärkere Steigerung der Gesamthelligkeit

zur Folge hat. Es ist ohne weiteres ersichtlich, wie diese Versuchsergebnisse zur Erreichung einer besseren Wirtschaftlichkeit der Lichtquellen Verwendung finden können.

Am Schluß seines Vortrages ging der Redner noch auf einen phantastisch erscheinenden, von Pringsheim als „blödsinnig" bezeichneten Gedanken ein: die immer noch ungewisse Sonnentemperatur aus dem Bau des menschlichen Auges zu bestimmen. Wenn aber der allgemeine Schluß richtig ist, daß die Organe der lebenden Wesen sich den natürlichen Bedingungen anpassen, dann liegt auch der Schluß nicht ferne, daß das Höchstmaß der Empfindlichkeit des Sehorgans dem Höchstmaß der Helligkeit des Sonnenlichts entsprechen muß. Um diesen Gedanken durchzuführen, erinnert der Redner auf die von ihm entdeckten merkwürdigen Sehempfindungen, die auf der Verschiedenheit der beiden wichtigsten Netzhautbestandteile, der Zapfen und Stäbchen, beruhen. Die Zapfen, in nächster Nähe der Sehnervendigung gelegen, treten in Wirksamkeit beim Tage und beim direkten Sehen, beim Fixieren, während die Stäbchen das indirekte Sehen und das Sehen im Dunkeln vermitteln. Das Merkwürdigste ist nun, wie durch überraschende Versuche veranschaulicht wurde, daß nur die Zapfen farbenempfindlich sind, während die Stäbchen alles Helle grau oder weiß sehen. Ferner verschwindet für die Stäbchen der Lichteindruck beim Fixieren, der Gegenstand scheint auszuweichen, weil in der direkten Sehrichtung keine Stäbchen sich befinden. Es lassen sich auf diese Weise auffallende Gesichtsempfindungen und Gespenstererscheinungen auf höchst natürliche Weise erklären.

Doch der Fülle des Gebotenen war zuviel, und so konnte die Darlegung, wie sich aus dem Bau des Auges die Sonnentemperatur ermitteln läßt, nicht mehr durchgeführt werden; der Vortragende sah sich der begrenzten Zeit wegen veranlaßt, abzubrechen. Zum Schluß wurde noch einmal das Bild des flüssigen Kohlenstoffs in vergrößerter Projektion vorgeführt.

Der Vorsitzende gedachte, indem er dem Vortragenden den Dank der Zuhörer aussprach, des hohen wissenschaftlichen und technischen Wertes der Lummerschen Arbeiten, die einen Triumph deutscher Forschungen darstellen.



W. Eisenlohr



Fig. 2



Fig. 3

Feier des 50jährigen Bestehens des Naturwissenschaftlichen Vereins und des 25jährigen Jubiläums der Hertzschen Entdeckungen.[1]

Königliche Hoheiten! Hochgeehrte Anwesende!

Vor 50 Jahren erschien das erste Heft der Verhandlungen unseres Naturwissenschaftlichen Vereins. Heute liegt die stattliche Zahl von 25 Bänden vor, enthaltend Berichte über die Vorträge in rund 800 Sitzungen und überdies eine sehr große Zahl eingehender Abhandlungen über die Ergebnisse unserer heimischen Karlsruher Forschungstätigkeit. Dank vor allem den vielen, die in uneigennütziger Weise zu solchem Erfolg beigetragen haben!

Ins Leben gerufen wurde der Verein durch das lebendige Interesse unseres höchstseligen Großherzogs an dem Gedeihen der Naturwissenschaften, deren hohe Bedeutung für die Entwicklung der Kultur er klar erkannte. Den besonderen Anlaß gab die Ver-

[1] Experimental-Vortrag von O. Lehmann in der Aula der Technischen Hochschule in Anwesenheit Ihrer Königlichen Hoheiten des Großherzogs und der Großherzogin, sowie zahlreicher Gäste. Da die vorhandenen Plätze nicht zureichten, fand am folgenden Tage eine Wiederholung des Vortrags ebenfalls vor zahlreicher Zuhörerschaft statt.

sammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsruhe 1858, welcher besonderer Glanz verliehen war durch Vorführung eines neuen Apparates, des Rühmkorffschen Funkeninduktors durch seinen Erfinder, in Verbindung mit den ebenfalls zu dieser Zeit erfundenen Geißlerschen Röhren. Durch die Fürsorge des Großherzogs ist das physikalische Institut in den Besitz dieses Apparates gekommen, den Sie hier in Funktion sehen. Bei den Untersuchungen von H. Hertz sollte er später noch eine große Rolle spielen.

Am Schluß der Versammlung drückte Seine Königliche Hoheit dem Geschäftsführer der Versammlung, dem Physiker Wilhelm Eisenlohr (den Sie hier im Bilde (Fig. 1) sehen), den Wunsch aus, es möchte doch fortlaufend dem Kreise der Gebildeten in Karlsruhe von den so außerordentlich wichtigen und interessanten Fortschritten der Naturwissenschaften in gemeinverständlicher Weise Kenntnis gegeben werden.

Das war nun wohl bereits früher geschehen seitens eines Vereins, den Eisenlohr 16 Jahre hindurch geleitet hatte; doch hatten politische Wirren der Tätigkeit dieses Vereins ein Ende bereitet. Der Wunsch des Großherzogs wirkte Wunder! Alsbald entstand (wieder unter Eisenlohrs Leitung) ein neuer Verein. Gut besuchte Vorträge gegen Eintrittsgeld wurden in größerer Zahl gehalten und in wenigen Jahren vermochte sich der Verein sogar ein ansehnliches Vermögen zu sammeln.

Ganz entsprach er aber nicht den Bedürfnissen. Die Zuhörer wollten nicht einfach durch einen unnahbaren Kanzelredner belehrt sein, sie wollten die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen und sich über den Gegenstand gemütlich zu unterhalten. So entstand denn bald neben dem ersten neuen Verein ein zweiter, zunächst gleichfalls unter Vorsitz Eisenlohrs[1], unser heutiger Naturwissenschaftlicher Verein, der größeren Beifall fand und schließlich Erbe des andern wurde, der sich nach einigen Jahren auflöste. Das ererbte Vermögen in Verbindung mit einem Zuschuß seitens Großh. Regierung ermöglichte die Herstellung eines Tauschverkehrs mit mehr als hundert anderen naturwissenschaftlichen Vereinen der ganzen Welt. Welchen Wert diese auf die Tätigkeit des Karlsruher Vereins legen, geht hervor aus den zahlreichen uns

[1] Unter Mitwirkung von Alex. Braun und Fr. A. Walchner. Mitgliederzahl bei der Gründung 62.

zum heutigen Feste zugegangenen, sehr herzlich gehaltenen Gratulationen [1].

Das persönliche Interesse des höchstseligen Großherzogs ist dem Verein stets erhalten geblieben und mit besonderem Danke dürfen wir berichten, daß auch Seine Königliche Hoheit unser regierender Großherzog, dem Verein seine Gunst zugewendet hat und ihm wiederholt die hohe Ehre seines Besuches bei den Sitzungen zuteil werden ließ.

Daß der Verein auch von privater Seite gefördert wurde, indem er das Recht erhielt, bei Verleihung der von Kettnerschen Stiftung für wissenschaftliche Forschungsreisen mitzuwirken und durch die Bohmsche Stiftung nebst andren, sowie einen Zuschuß Großh. Regierung in die Lage versetzt wurde, eine eigene Erdbebenwarte in Durlach einzurichten, die unter Leitung von Herrn Geh. Hofrat Haid bereits interessante Ergebnisse erzielt hat, kann ich nur flüchtig berühren.

Im Jahre 1872 sah sich Eisenlohr durch Krankheit, von welcher ihn bald der Tod erlöste, genötigt, vom Vorsitz des Vereins zurückzutreten. Fast ein Vierteljahrhundert hindurch trat nunmehr an seine Stelle der Vertreter der technischen Maschinenlehre Grashof [2] (Fig. 2), dessen Denkmal in der Kriegstraße mich eines besonderen Hinweises auf seine bedeutungsvolle Tätigkeit enthebt. Treu stand ihm zur Seite der Vertreter der technischen Physik und Direktor der Landesgewerbehalle Meidinger [3], der 30 Jahre hindurch das mühevolle Amt des Schriftführers verwaltete. Auf Grashof folgte der Mathematiker Wiener (Fig. 3) als Leiter des Vereins, auf diesen, und zwar für die lange Zeit von 14 Jahren, der Direktor des chemischen Instituts, unser jetziger Ehrenpräsident,

[1] Solche sind eingelaufen von den in dem Tauschverkehr-Verzeichnis näher angegebenen Vereinen und Akademien in Augsburg, Basel, Bonn (2 Vereine), Breslau, Brünn, Charlottenburg, Danzig, Dresden, Dürkheim, Frankfurt a. M., Frankfurt a. O., Freiburg i. Br., St. Gallen, Gießen, Graz, Halle a. S., Hamburg, Hanau, Hannover, Innsbruck, Kassel, Kiel, Königsberg, Kolozsvar, Magdeburg, München, Nürnberg, Philadelphia, Prag, Rom, Stuttgart, Wien, Wiesbaden, Upsala. Diesen wissenschaftlichen Gesellschaften spricht der Naturwissenschaftliche Verein Karlsruhe hiermit seinen herzlichen Dank aus.

[2] Seit 1856 auch Vorsitzender des Karlsruher Bezirksvereins Deutscher Ingenieure.

[3] Photographie siehe diese Verhandlungen Bd. 19, 135, 1906 (O. Lehmann, Heinrich Meidinger).

unter dessen Leitung der Verein ganz besonderen Aufschwung nahm[1].

In wenig Worten die Tätigkeit des Vereins zu schildern, ist unmöglich. Unter den vielen greife ich deshalb einen Vortrag heraus, den, in welchem gerade vor 25 Jahren der Physiker der Technischen Hochschule Heinrich Hertz[2] dem Verein über seine kurz zuvor gemachten Entdeckungen berichtete, Entdeckungen, die in kürzester Zeit das größte Aufsehen in der ganzen Welt erregen sollten.

Hertz (dessen Büste hier aufgestellt ist) war und blieb ein einfacher bescheidener Gelehrter, obschon er sehr gut die große Wichtigkeit seiner Entdeckungen zu schätzen wußte. Erstaunt würde er immerhin sein, wenn er heute sehen könnte, welche Umwälzungen in der Physik er veranlaßt hat und von wie hoher Bedeutung die praktische Anwendung seiner Entdeckungen zur drahtlosen Telegraphie geworden ist.

Leider war ihm nicht vergönnt, selbst wesentlich an dem weiteren Ausbau des von ihm erschlossenen Wissensgebietes mitzuarbeiten; schon nach drei Jahren wurde er in Bonn, wohin er einen ehrenhaften Ruf erhalten hatte, von einer sehr schmerzhaften Krankheit befallen, und nur 36 Jahre alt, wurde er den Seinen entrissen, tief betrauert von den Physikern aller Nationen.

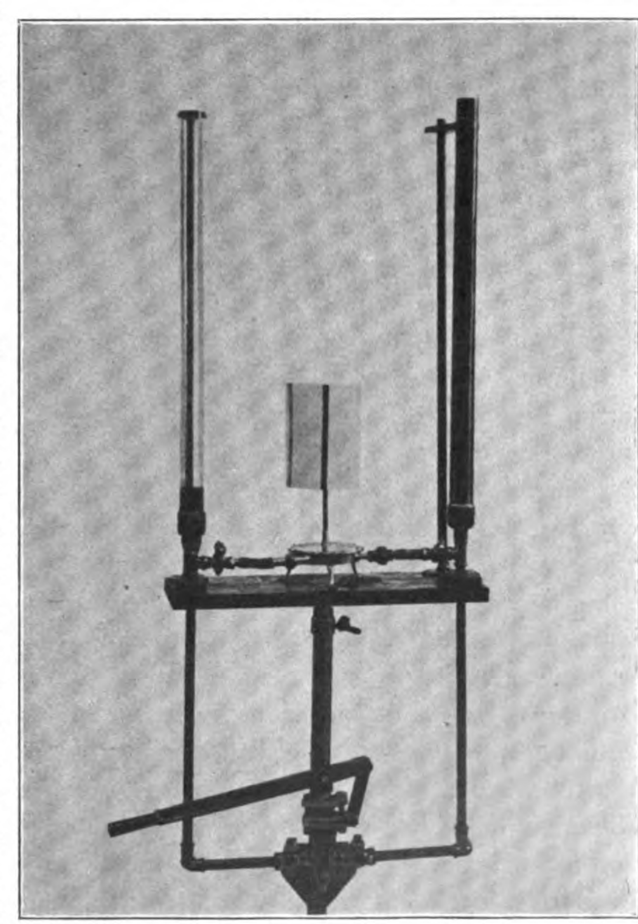
So sind wir heute nicht in der Lage, ihm unsere Glückwünsche zu dem Jubiläum zu übermitteln, wir freuen uns aber, wenigstens Frau Hertz und der einen seiner beiden Töchter, die sich heute hier in unserer Mitte befinden, Gelegenheit geben zu können, sich von der Bewunderung, die wir für die Arbeiten des Verewigten hegen, zu überzeugen.

Das ursprüngliche Ziel dieser Arbeiten war Prüfung einer in England entstandenen neuen Theorie der elektrischen Kraft. Was die Wirkung dieser Kraft ist, weiß jeder, der z. B. das Sträuben und die gegenseitige Anziehung von Papierbüscheln

[1] Näheres über die Geschichte des Vereins siehe Birnbaum, diese Verhandlungen 1873, Heft 6, S. 5. Von ausgezeichneten Sitzungen waren die 100. am 10. Febr. 1872 (Mitgliederzahl 101, anwesend 38), die 200. am 28. Nov. 1877 (M. 118, a. 54), die 300. am 14. März 1884 (Teilnahme d. Großherzogs, M. 122, a. 27), die 400. am 5. Dez. 1890 (M. 135, a. 27), die 500. am 7. Mai 1897 (M. 161, a. 56), die 600. am 10. Juli 1903 (M. 211, a. 62), die 700. am 16. Juli 1909 (M. 267).

[2] Photographie siehe diese Verhandlungen Bd. 15, 19, 1902 (A. Schleiermacher, Heinrich Hertz). Vgl. ferner Bd. II, S. 355, 1896 (M. Doll, H. Hertz).

die mit den Konduktoren einer Elektrisiermaschine verbunden sind, gesehen hat. Um eine Kraftwirkung zu verstehen, müssen wir sie aber in Gedanken nachmachen können; wir müssen somit ein Wesen kennen, ebenso unteilbar wie unser Ich, ein Individuum oder Atom, das die Kraft ausübt, an dessen Stelle wir in unserer Phantasie die eigene Person gesetzt denken können. So kam man dazu, anzunehmen, die elektrische Kraft werde ausgeübt von einem unsichtbaren und, da Elektrisierung die Körper nicht schwerer macht, auch unwägbaren feinem Fluidum, der Elektrizität, welche als Aggregat gleichartiger nicht weiter teilbarer Partikelchen, der Elektronen, aufzufassen ist. Indem wir die Elektrisiermaschine betätigen, erzeugen wir im einen Konduktor Überschuß, im andern Mangel an Elektronen, ganz wie z. B. eine Pumpe, wie sie hier aufgestellt ist (Fig. 4), Wasser aus dem einen Behälter heraus und in den andern hineinpumpt, im ersten Mangel, im zweiten Überschuß erzeugt.


Abb. 4

Versuchen wir auf Grund dieser Vorstellung zu verstehen, weshalb z. B. Metallkugeln, die auf kleine Wagen aufgesetzt und entgegengesetzt elektrisch gemacht sind (Fig. 5), sich anziehen, so treffen wir immerhin auf erhebliche Schwierigkeiten. Unsere Kraft kann nur durch Berührung wirken; hier soll die Kraft

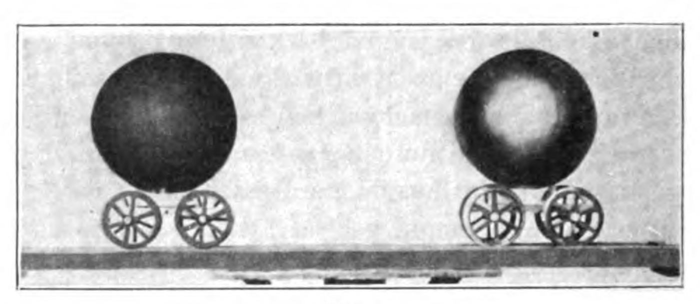


Fig. 5

sogar durch den luftleeren Raum hindurch in die Ferne wirken! Und weshalb ist die Kraft, mit der der Konduktor den, Überschuß an Elektronen enthält, den andern gegen sich heranzieht, ebensogroß wie die Kraft, die der Konduktor ausübt, in welchem Mangel an Elektronen vorhanden ist?

Hierüber dachte zuerst Faraday in London (den Sie hier im Bilde sehen) zu Anfang des vorigen Jahrhunderts nach. Er kam zu dem Schluß, die alte Auffassung muß falsch sein! Das Ding, welches die Kraft ausübt, ist nicht in, sondern zwischen den Metallkugeln. Wie durch gespannte Fäden oder Spiralfedern, die an ihnen angeheftet sind, werden sie gegen einander gezogen. Der ganze Zwischenraum, das ganze Dielektrikum ist mit solchen Kraftfäden erfüllt zu denken, die sich nicht durchdringen können und deshalb gegeneinander drücken, wie es auch Gummifäden tun würden. Die Gestaltung wird uns ungefähr angedeutet durch die Streifen der gesträubten und sich anziehenden Papierbüschel. Genauer ist der Verlauf für ein durch eine Kugel abgegrenztes Gebiet dargestellt durch das Modell (Fig. 6). Würden wir zwei solche Gebilde in übereinstimmender Stellung auf einander zu bewegen, so würden wir infolge des Kraftfadendrucks auf einen Widerstand treffen, wie beim Zusammenpressen zweier Gummibälle. So erklärt sich nach Faraday die gegenseitige Abstoßung gleichartig elektrischer Körper.

Noch ein anderer Grund war es, durch welchen er in der Annahme der Existenz derartiger Kraftfäden im Dielektrikum bestärkt wurde. Wir verstehen ihn am besten, indem wir das Gleichnis des Wasserpumpwerks nochmals beiziehen. Der Höhenunterschied der Wasserspiegel bedingt eine Kraft, die wir zum Betrieb eines Wasserrades ausnützen können. Diese Kraft allein ist es aber nicht, welche die Arbeit, die Energie des Wasser-

rades bedingt, es kommt auch auf die Menge des Wassers an. Nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie muß man sich vorstellen, die Energie sei in den beiden Wasserbehältern gewissermaßen aufgespeichert und komme bei Tätigkeit des Wasserrades in anderer Form, als Bewegungsenergie, zum Vorschein.

Ganz ebenso, wenn wir zwischen die entgegengesetzten elektrischen Konduktoren ein sogenanntes elektrisches Rad, einen statischen Elektromotor (Fig. 7) bringen. Die Arbeit, die dieses Rad leistet, indem es getrieben durch die elektrische Kraft sich bewegt, entstammt der in den Konduktoren aufgespeicherten elektrischen Energie. Freilich die aufgespeicherte Wasserenergie können wir nach der Menge des Wassers, nach dem Wasserstand beurteilen, die Elektrizität ist aber unsichtbar. Eine bessere Analogie scheint deshalb eine Druckluftanlage (Fig. 8) zu bieten, bestehend aus zwei Kesseln, in welchen durch eine Pumpe Über- beziehungsweise Unterdruck hergestellt wird, deren Differenz die Arbeitsleistung eines zwischengeschalteten Druckluftmotors bestimmt. Die Luft ist unsichtbar und ihre Menge ist abhängig von dem angewandten Druck.

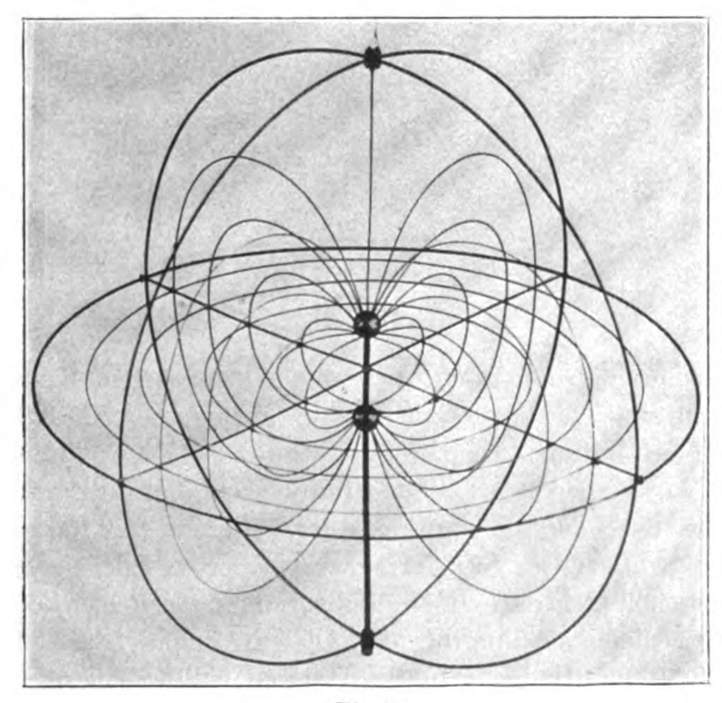


Fig. 6

Wie Faraday erkannt hat, ist die Art der Aufspeicherung der elektrischen Energie aber doch eine wesentlich andere. Würden wir beispielsweise die Kessel mit Sand ausfüllen, so wäre die Ener-

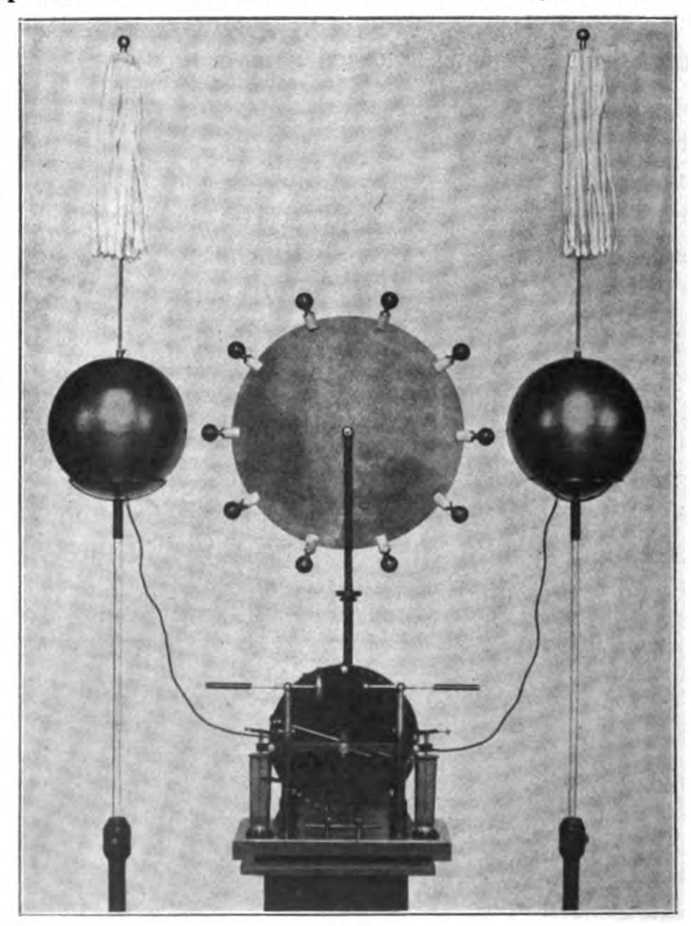


Fig. 7

gieaufspeicherung unmöglich; im Fall der elektrischen Kugeln, die innen hohl sind, hätte dies nicht den geringsten Einfluß. Von wesentlichem Einfluß wäre dagegen, wenn wir die Kugeln mit Sand umgeben würden, während bei den Luftkesseln dies für die Leistung des Motors durchaus gleichgültig wäre. Hieraus zog Faraday den wichtigen Schluß: Der Sitz der aufgespeicherten Energie ist nicht das Innere der elektrischen Konduktoren, sondern das isolierende Medium, welches sie umgibt, das Dielektrikum. Dieses ist, wie gezeigt, von Kraftfäden erfüllt, in ihnen ist die Energie aufgespeichert. Ist das Dielektrikum wie hier Luft, so erstrecken sich

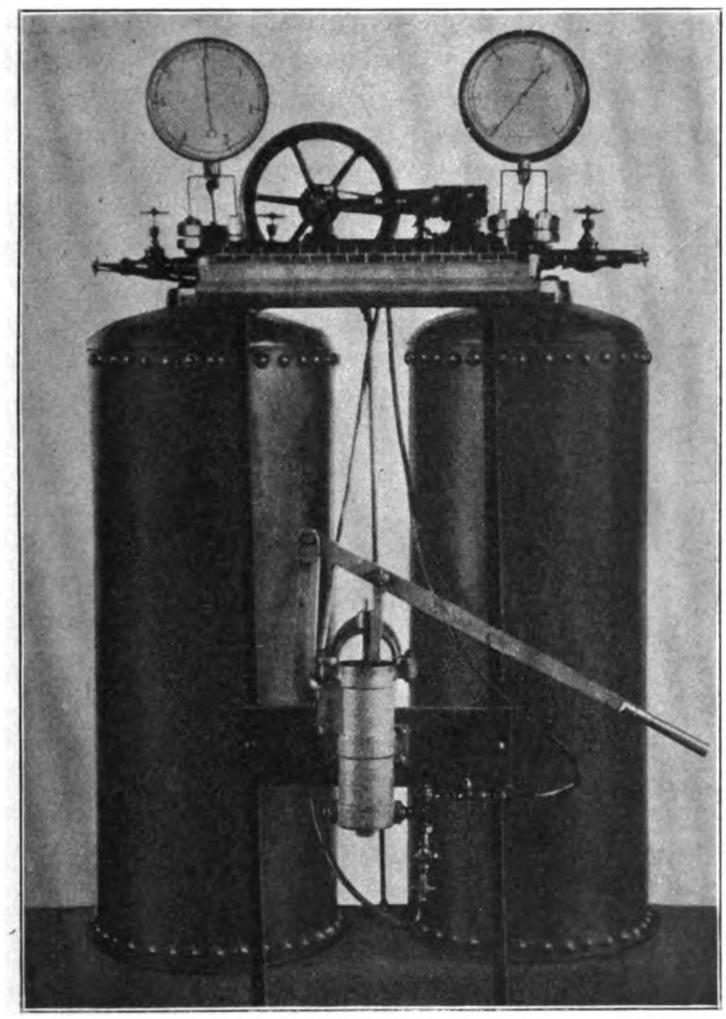


Fig. 8

die Kraftfäden von Molekül zu Molekül (Modell), wie aus der Abhängigkeit der Energieaufspeicherung von der Natur dieses Dielektrikums zu schließen ist; sie verbinden entgegengesetzte Pole der Moleküle und veranlassen diese, sich nach ihrem Verlaufe zu richten. So entsteht dielektrische Polarisation, wie sie in den beiden Tafeln[1] durch einseitige Schattierung angedeutet ist. Man kann sich vorstellen, in den einzelnen Molekülen werde auf einer Seite Überschuß, auf der andern Mangel an Elektronen erzeugt. Daß aber nicht hierin allein die Aufspeicherung

[1] Siehe Frick, physik. Technik 7. Aufl. Bd. II. (1) Taf. I. Fig. 5 und 8.

elektrischer Energie beruht, geht daraus hervor, daß sich diese kaum erheblich ändert, wenn man die Luft wegpumpt, so daß nur Äther bleibt, in welchem solche Polarisation nicht vorhanden ist. Die elektrische Energie ist hier sicher lediglich durch das Vorhandensein der Kraftfäden bedingt.

Zur Erklärung aller Erscheinungen, speziell der Beziehungen zu den magnetischen Kräften, reicht ohne weiteres auch die neue Theorie nicht aus. Von einem Körper, der weit von entgegengesetzt elektrischen entfernt ist, z. B. von einem frei im Raume schwebenden Elektron, strahlen die Kraftfäden gleichmäßig nach allen Richtungen scheinbar ins Unendliche aus (Modell Fig. 9); bewegen sich aber Elektronen in einer gewöhnlichen elektrischen Leitung, so begegnen sie immerfort entgegengesetzt elektrischen Molekülen (solchen mit Mangel an Elektronen), von welchen ihre Kraftfäden gewissermaßen abgefangen und am Austritt aus dem Draht gehindert werden.

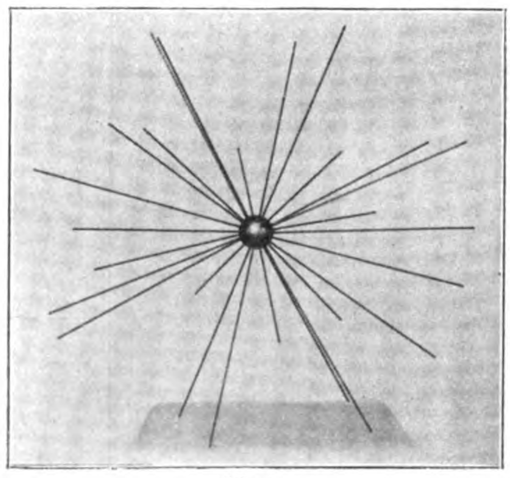


Fig. 9

Demgemäß sollte man erwarten, zwei stromdurchflossene Leiter oder zwei Teile desselben stromdurchflossenen Drahtes könnten keine Kraft aufeinander ausüben. Der Versuch, den ich hier ausführe, zeigt merkwürdigerweise das Gegenteil. Lasse ich die an einer Feder aufgehängte Drahtspirale und die weitere darunter fest aufgestellte hintereinander von einem Strom durchfließen, so tritt, wie zu sehen, sofort kräftige Anziehung zwischen beiden ein.

Zur Erklärung dieser Kraftwirkung muß angenommen werden, daß, wenn Elektronen sich bewegen, zu der elektrischen Kraft eine völlig neue Kraft hinzutritt, die wieder verschwindet, wenn die Bewegung aufhört. Diese von der elektrischen verschiedene Kraft bezeichnet man als magnetische Kraft.

Aus ihrem Auftreten kann man immer auf das Vorhandensein bewegter Elektronen schließen. Bringe ich eine Draht-

spule über eiserne Nägel und schicke einen Strom durch sie, so werden die Nägel (wie Sie sehen) plötzlich magnetisch angezogen und ziehen sich auch gegenseitig an, demgemäß ist anzunehmen, in ihren Molekülen befänden sich kreisende Elektronen, deren Bahnen sich unter Einfluß des Stromes in der Spule parallel richten. Stahlstäbe werden so zu Magneten, die Parallelrichtung der molekularen Ströme wird eine bleibende und die Stäbe wirken nun wie stromdurchflossene Spulen aufeinander ein. Gleichartige Enden stoßen sich ab (wie der Versuch zeigt), ungleichartige ziehen sich an.

Wie die elektrische Kraft kann man sich nach Faraday auch diese magnetische Kraft hervorgebracht denken durch Kraftfäden, welche an entgegengesetzten Polen endigen, im leeren Raum (im Äther) zusammenhängend sind, in magnetisch polarisierten Medien aber, d. h. solchen, deren molekulare Ströme sich parallel gerichtet haben, von Molekül zu Molekül gehen. Die Entstehung magnetischer Kraftfäden bedingt Anhäufung magnetischer Energie auch im reinen Äther, der keine kreisenden Elektronen enthält, in gleicher Weise, wie Entstehung elektrischer Kraftfäden Anhäufung elektrischer Energie. Bei elektromagnetischen Motoren (wie einen solchen das Modell hier zeigt) wird fortgesetzt die zugeleitete elektrische Energie in magnetische Energie umgesetzt und aus dieser wieder Bewegungsenergie erzeugt.

Die Faradayschen Vorstellungen sind durch Maxwell (den Sie hier im Bilde sehen[1]), in exakte mathematische Form gebracht worden. Einige Modelle mögen dies erläutern. Ein ringförmiger elektrischer Strom oder eine stromdurchflossene Spule erzeugt magnetische Kraftfäden in seiner Achse; ein gerader, in diese Richtung gebrachter Eisenstab wird deshalb zum Magneten (Elektromagneten), solange der Strom dauert. Ein gerader Strom (auch ein einziges geradlinig bewegtes Elektron) erzeugt ringförmige magnetische Kraftfäden in Ebenen senkrecht zu seiner Richtung (Fig. 10). Nach der alten Theorie

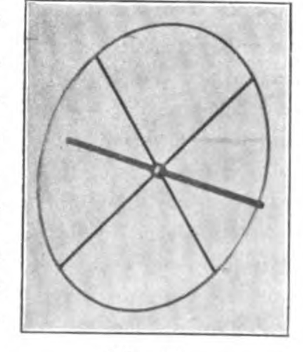


Fig. 10

[1] Aus Meyers Gr. Konversationslexikon. 6. Aufl. Bd. 15, Tafel Physiker, S. 844.

wären solche in sich zurücklaufende Kraftfäden, die nicht an Polen endigen, unmöglich. Wir haben hier, wenigstens im Äther, der keine magnetisch polarisierte Moleküle enthält, magnetische Kraft ohne Magnetismus! Gerade Linien senkrecht zur Richtung der elektrischen und magnetischen Kraft bestimmen die Richtung des Energiestroms.

Bereits Faraday hatte nun die sehr wichtige Entdeckung gemacht, daß die Vorgänge auch umgekehrt verlaufen können. Bewegt sich ein Magnetpol in gerader Bahn, so entstehen ringförmige, zu dieser senkrechte elektrische Kraftfäden, nach der alten Theorie wieder etwas Unmögliches, denn sie stellen elektrische Kraft ohne Elektrizität dar, sofern die Kraftfäden im leeren Raum, im reinen Äther verlaufen, welcher ja keine Elektronen enthält. Ein im Kreise bewegter Magnetpol weckt entsprechend eine elektrische Kraft in der Achse des Kreises[1].

Wird im ersten Fall an die Stelle, wo ein ringförmiger Kraftfaden auftritt, ein Drahtring gebracht, so bricht der Kraftfaden auf, heftet sich an Elektronen und der Elektronen beraubte Moleküle an, so daß die Kraft einen in sich zurücklaufenden Elektronenstrom, den Induktionsstrom, erzeugt. Der Nachweis ist einfach. Ich schiebe eine durch eine gewöhnliche Glühlampe geschlossene Drahtspule über den Pol eines Elektromagneten und sofort zeigt

[1] Voraussetzung ist in beiden Fällen anscheinend, daß der Äther relativ zur Anfangslage ruht. Würde er sich mitbewegen, so wäre nicht verständlich, weshalb die elektrischen Kraftfäden entstehen können. Man erkennt hier eine große Schwierigkeit. Die Anfangslage kann selbst eine bewegte sein, z. B. bewegt sich die Erde mit allem, was darauf ist, ohne daß wir es bemerken, mit 30 000 Meter pro Sekunde Geschwindigkeit um die Sonne. Ein relativ zur Anfangslage ruhender Äther wäre also relativ zur Sonne in Bewegung. Dies müßte sich bei Versuchen, bei welchen sich der Beobachter nicht mitbewegt, zu erkennen geben. Ist der Äther in absoluter Ruhe, so müßte möglich sein, die absolute Geschwindigkeit eines Körpers zu bestimmen, was dem Relativitätsprinzip, welches eben diese Unmöglichkeit behauptet und sich immer bewährt hat, widerspricht. Die Existenz des Äthers ist somit eine sehr problematische. (Siehe O. Lehmann, diese Verhandlungen Bd. 23, 51, 1910, und Aus der Natur 7, 705, 1911, sowie die große Literatur hierüber in wissenschaftlichen Zeitschriften.) Die von A. Einstein 1905 aufgestellte Relativitätstheorie verzichtet auf Veranschaulichung durch Beiziehung des Äthers und stellt nur Gleichungssysteme auf, die sie so wählt, daß sie sog. Lorentztransformationen gegenüber kovariant sind, was eben die Unabhängigkeit aller Phänomene von der Absolutgeschwindigkeit bedeutet. Ponderomotorische Kraft und elektromagnetisches Feld haben dabei keine absolute, d. h. von Bewegungszustande des Bezugssystems unabhängige Existenz.

uns das Aufleuchten der Lampe das Entstehen des Induktionsstromes an. Das Contraktionsbestreben der Kraftfäden erklärt ihn aber nicht.

Es ist nicht einmal nötig, die Spule oder den Magneten zu bewegen, um diese Wirkung hervorzubringen; es genügt schon, den den Elektromagneten erregenden Strom zu schließen oder zu öffnen, denn auch hierdurch entsteht oder verschwindet ein Bündel magnetischer Kraftfäden in der Achse der Spule.

Die Linien senkrecht zur Richtung der elektrischen und magnetischen Kraft geben auch im Fall der Induktion die Richtung des Energiestromes an. Fehlt der Drahtring und ist nur Äther vorhanden, so tritt Anhäufung elektrischer Energie ohne Elektrizität, lediglich durch Bildung geschlossener Kraftfäden ein, wieder entgegen der alten Theorie. Wäre der Magnetpol nicht vorhanden, so würde das Verschwinden dieser elektrischen Energie in ebenso rätselhafter Weise Bildung magnetischer Energie ohne Magnetismus bedingen. Umgekehrt würde beim Verschwinden magnetischer Energie an deren Stelle elektrische auftreten.

Wie Maxwell zeigte, geht hieraus hervor, daß sich die Kraftfäden, also auch elektrische und magnetische Kraft mit endlicher Geschwindigkeit im Raume ausbreiten muß. (Die Rechnung ergibt eine Geschwindigkeit von 300 Millionen Metern pro Sekunde.) Denkt man sich z. B. einen geraden Strom entstehend, so bilden sich, wie wir wissen, ringsherum ringförmige magnetische Kraftfäden, angedeutet durch den Drahtring (Fig. 11). Das Auftreten dieser bedingt aber wie-

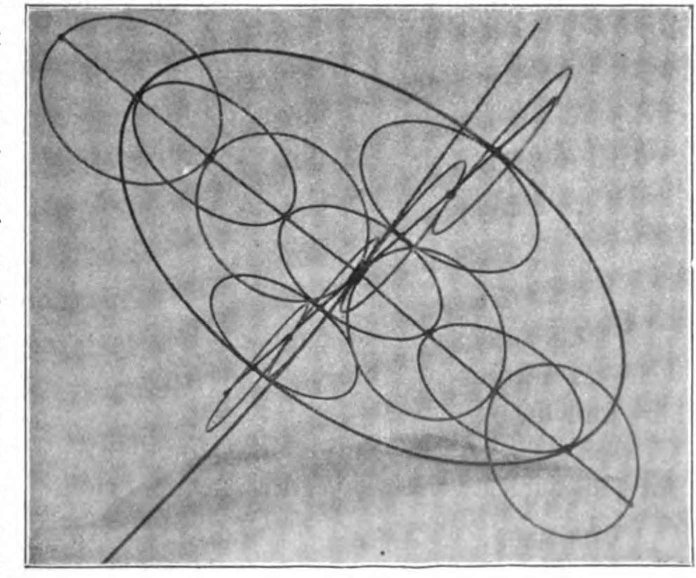


Fig. 11

der das Auftreten neuer, sie ringförmig umschließender elektrischer Kraftfäden, diese erzeugen wieder neue magnetische, und so gelangt dann die Energie, die Kraftfädenanhäufung, erst allmählich in größere Entfernung. Nach der alten Theorie kann von einer solchen Geschwindigkeit der Kraftausbreitung keine Rede sein, da es sich nach dieser um eine unmittelbare Wirkung in die Ferne handeln sollte; also, wenn überhaupt Elektronen oder Magnetonen (kreisende Elektronen) vorhanden sind, überall im Raume auch deren Kraft wirkt, ohne daß eine Ausbreitung derselben stattfindet.

Es ist natürlich, daß sich für diese Vorgänge besonders derjenige interessierte, der zum erstenmal das Gesetz der Erhaltung der Energie in präziser Weise im Gesamtgebiet der Physik bewiesen hat, der scharfe Denker H. v. Helmholtz (dessen Büste hier aufgestellt ist).

Der einfachste Fall des Verschwindens elektrischer Energie ist der der Entladung. Bei genügend hoher Spannung kann plötzlich ein Elektronenstrom durch die Luft hindurch stattfinden, wobei die elektrische Energie in Wärme und Licht übergeht, d. h. die Elektronenbahn als elektrischer Funke[1] oder Lichtbogen sichtbar wird. Die alte Meinung, dabei finde einfach ein Ausgleich von Elektronenüberschuß gegen Mangel statt, kann, wie Helmholtz bereits im Jahre 1847 entdeckte[2], nicht aufrecht erhalten werden. Auch wenn ein voller Wasserbehälter mit einem leeren verbunden wird, stellt sich nicht sofort gleichmäßiger Wasserstand her, sondern vermöge seiner Trägheit schießt das Wasser auf größere Höhe hinauf, um dann alsbald wieder zurückzuströmen, so daß andauernde Schwingungen entstehen. Für elektrische Entladungen, z. B. zwischen den hier aufgestellten Leydener Flaschen, gilt ganz dasselbe, die Funken, welche Sie sehen, erscheinen deshalb so hell, weil sie aus einer außerordentlich großen Zahl äußerst rasch aufeinander folgender Funken bestehen, indem die Elektrizität vielleicht 100 000 mal pro Sekunde zwischen den beiden Flaschen hin- und herströmt.

Es gibt verschiedene Methoden, diese elektrischen Schwingungen nachzuweisen. Wenn ich den Draht, der die äußeren

[1] Demonstriert mittels einer Klingelfußschen Induktors, Funkenlänge = 1 Meter.

[2] Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft, Ostwalds Klassiker, Leipzig, W. Engelmann 1889 S. 33.

Belegungen der beiden Flaschen verbindet, zu einer Spule gestalte und eine zweite Spule nähere, die durch eine Glühlampe geschlossen ist, so verrät deren, wie Sie sehen, anscheinend gleichmäßiges Leuchten, daß Induktion stattfindet derart, daß magnetische Kraftfäden in außerordentlich raschem Wechsel in die Spule hinein und wieder daraus herausgehen, wie es bei entsprechend rasch ihre Richtung wechselnden Strömen der Fall sein muß.

Verbinde ich die beiden Flaschen nur durch einen U-förmig gebogenen Draht, welcher an einzelnen Stellen durch Glühlampen überbrückt ist, so leuchten diese auf, was bei gleichmäßigem Strom nicht möglich wäre. Woher rühren nun diese elektrischen Schwingungen? Besitzt die Elektrizität Trägheit wie das Wasser, wie die alte ursprünglich auch von Helmholtz angenommene Theorie vorauszusetzen genötigt war, oder handelt es sich nach Faraday-Maxwells Theorie um fortgesetzte Umwandlung von elektrischer Energie in magnetische und umgekehrt? Um einen stromdurchflossenen Leiter müssen sich auf Kosten elektrischer Energie magnetische Kraftfädenringe bilden, deren Verschwinden bei Vollendung des Ausgleichs von Überschuß und Mangel der Konduktoren, welche der Leiter verbindet, einen Induktionsstrom (von gleicher Richtung wie der frühere) veranlassen muß, welcher umgekehrte Ladung der Konduktoren bedingt, worauf sich das Spiel wiederholt, so daß beständiges Hin- und Herströmen der Elektronen in regelmäßigem Takte stattfinden muß. Helmholtz konnte keine exakte Lösung des Problems, ob die alte oder neue Theorie zutrifft, finden und regte deshalb seinen hochbegabten Schüler und Assistenten Heinrich Hertz, den fähigsten unter den jüngeren Physikern, den einzigen Mann, der in gleicher Weise die abstraktesten mathematischen Theorien und die Kunst der experimentellen Forschung beherrscht, wie er sich gelegentlich ausdrückte, an, seine Bemühungen in dieser Richtung fortzusetzen.

Das Charakteristikum der Faraday-Maxwellschen Theorie war, daß sich die Kraftfäden im Äther, annähernd auch in Luft mit der Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter pro Sekunde ausbreiten sollten. Wie aber eine so enorme Geschwindigkeit messen? Das schien völlig aussichtslos; doch Helmholtz hatte sich nicht getäuscht, Hertz glückte der große Wurf in verhält-

nismäßig kurzer Zeit und zwar hier in Karlsruhe im Auditorium des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule.

Den Gedankengang verstehen wir am besten, wenn wir wieder zur Bewegung des Wassers zurückkehren. Ich habe hier ein System mit einander verbundener halb mit Wasser gefüllter senk-

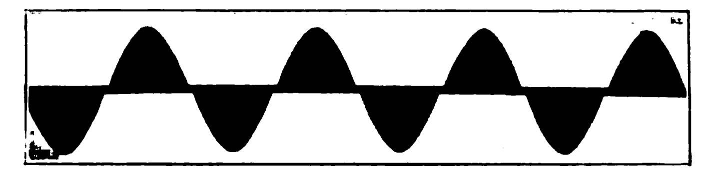


Fig. 12

rechter Röhren. Drücke ich im ersten den Wasserspiegel hinunter, so steigt er in den übrigen, beim Heben ist das Umgekehrte der Fall. Folgen Senkungen und Hebungen in rascher Folge, so bildet sich, da zu weit fortgeschrittene Niveauänderungen keine Zeit zum Ausgleich haben, ein fortschreitender Wellenzug aus (Fig 12), und aus der Länge der Wellen und der Zahl der Schwingungen pro Sekunde ergibt sich in einfacher Weise die Fortpflanzungsgeschwindigkeit; sie ist gleich der Länge einer Welle dividiert durch die Zeit ihrer Bildung, d. h. die Schwingungsdauer. Durch Reflexion des Wellenzuges am Ende ergibt sich eine stehende Wellenbewegung (Fig. 13), wobei einzelne Punkte, die Knoten immer in Ruhe bleiben. Ihr Abstand ist gerade eine halbe Wellenlänge, so daß sich also diese mit aller Präzision messen läßt. Auch die Bestimmung der Schwingungszahl pro Sekunde bereitet keine Schwierigkeit,

Um nach diesem Prinzip elektrische Schwingungen zu benutzen zur Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrischer und magnetischer Kraftfäden, müßte man ein Mittel haben, solche Schwingungen von noch weit größerer Schnelligkeit zu erzielen, als sie bei der besprochenen Flaschenentladung auftreten. Durch Verkleinerung des Apparates ist das im Prinzip möglich, doch

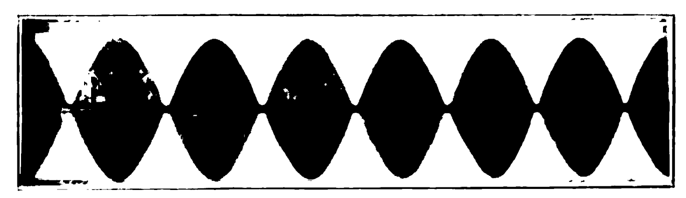


Fig. 13

läßt sich von vornherein erwarten, daß die in solchen kleinen Apparaten angehäuften Energiemengen so gering sein werden, daß man überhaupt nichts mehr beobachten kann.

Zu seiner Überraschung fand nun Hertz bei einem Vorlesungsversuch über Induktion durch oscillatorische Entladung mittels zweier gleichgestalteter Spulen[1], wie er sie in der Sammlung vorfand (ich habe sie hier aufgestellt), daß das durchaus nicht der Fall war und alsbald erkannte er auch den Grund. Bei gleicher Beschaffenheit der Spulen mußte der Effekt eintreten, den man in der Akustik Resonanz nennt: fortgesetzte Verstärkung der Schwingungen durch Übereinanderlagerung, weil sie in beiden Spulen gleichzeitig in gleichem Takte erfolgen.

Damit war das Prinzip für die Konstruktion eines brauchbaren Apparates, bestehend aus Oscillator[2] und Resonator von gleicher Beschaffenheit gegeben. Beide bestehen aus metallenen Kugeln, verbunden durch einen Draht, der in der Mitte eine kleine Funkenstrecke hat[3]. Das Rühmkorffsche Induktorium diente zur Ladung der Kugeln des Oscillators. Daß wirklich äußerst rasche Schwingungen beim Überschlagen eines Funkens in der Unterbrechungsstelle in der Mitte entstanden, ließ sich, ganz wie ich es bei den Leydener Flaschen mit Glühlampen demonstrierte, daran erkennen, daß Überbrückung der Funkenstrecke durch einen Drahtbügel die Funken nicht zum Verschwinden brachte und daß in der Funkenstrecke des Resonators induzierte Funken auftreten. Das System der Kraftfäden bei solchen elektrischen Schwingungen besteht (in einem bestimmten Momente, wie das Modell Fig. 5 darstellt), aus elektrischen Kraftfäden, die die beiden Kugeln verbinden, und magnetischen, welche ringförmig den verbindenden Draht umschließen.

Läßt man die Kugeln fort, so funktioniert der Apparat immer noch, die Schwingungen erfolgen nur noch rascher. Es genügt, auch, nur ein Ende des Resonators einem Ende des Oscillators

[1] Vgl. Frick, phys. Technik. 7. Aufl. Bd. II (1) S. 708.

[2] Siehe A. Schleiermacher, diese Verhandl. 15, 28, Taf. II, 1902.

[3] Die Kugeln sind nicht durchaus nötig, es könnten auch einfache Stäbe sein, wie unten in Fig. 14 angedeutet. Die elektrischen Schwingungen sind hier durch die darüber befindlichen Modelle, welche die Schwankungen der elektrischen Spannung wie in Fig. 13 andeuten, dargestellt. Man müßte sich den Resonator nicht neben, sondern vor oder hinter den Oscillator gesetzt denken.

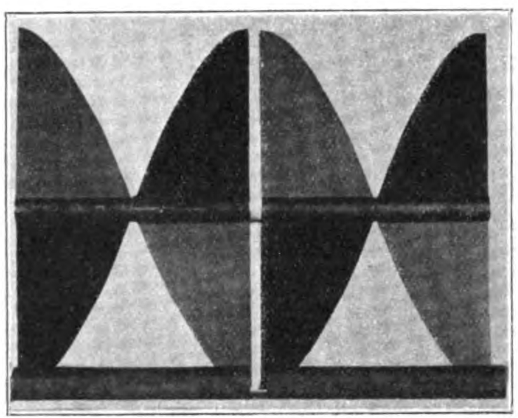


Fig. 14

zu nähern (wie bei Fig. 14). Man kann ferner eine ganze Anzahl Resonatoren zu einem zusammenhängenden Draht aneinanderreihen, wobei sich das System der elektrischen und magnetischen Kraftlinien, wie es durch das Modell (Fig. 5) dargestellt war, mehrfach wiederholt (Fig. 15). Hier haben wir, was wir suchten, stehende Wellen elektrischer Kraft, und es erübrigt nur die Schwingungszahl zu bestimmen, die sich leicht aus den Dimensionen des Oscillators berechnen läßt und den Abstand der Knotenpunkte zu messen. Ganz einfach kann letzteres geschehen, wie später Lecher gefunden hat, indem man zwei parallele Reihen solcher Resonatoren verwendet, jede von einem Pole des Oscillators beeinflußt, so daß die Spannungszustände in ihnen überall entgegengesetzt sind. Kurzschluß an Knotenstellen durch übergelegte Drähte (Fig. 16) stört dann den Vorgang nicht, wohl aber Kurzschluß an anderen Stellen, so daß man die Lage der Knoten mit aller Schärfe bestimmen kann.

Durch diese Hertzschen Versuche war die Richtigkeit der Faraday-Maxwellschen Theorie, wenigstens soweit Ströme in Drähten in Betracht kamen, erwiesen, die alte Theorie endgültig abgetan. Aber die neue Theorie lehrte, daß nicht nur an Drähten die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer und magnetischer

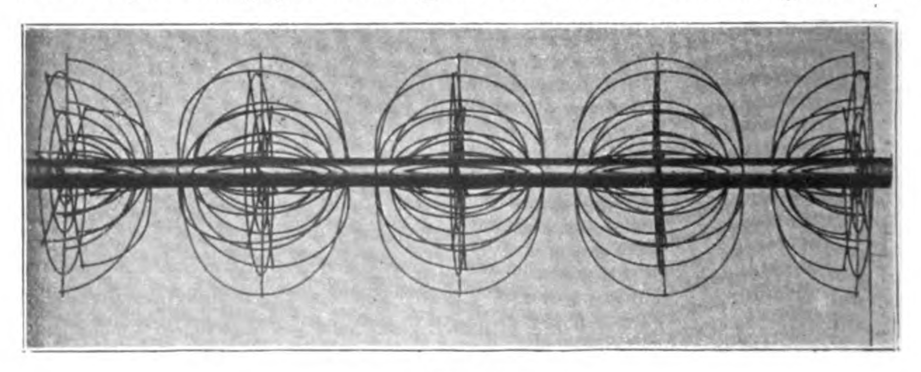


Fig 15

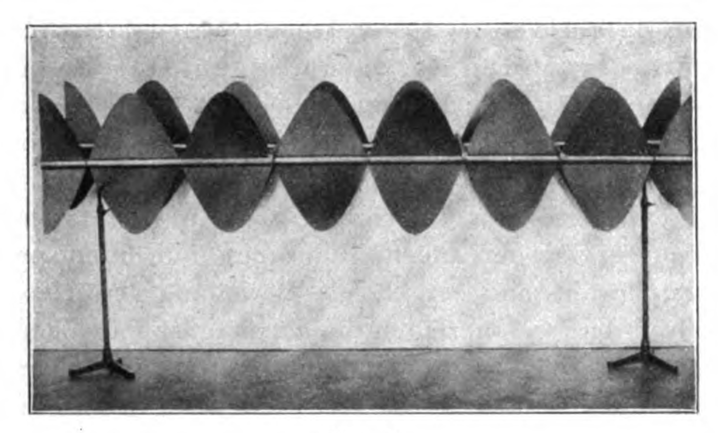


Fig. 16

Kräfte eine endliche ist, sondern auch im freien Raume, ja sogar im luftleeren Raume, in dem sogenannten Äther. Während bei den elektrischen Wellen in Drähten immer noch Elektronen als Träger der elektrischen Kraft in Frage kommen, Enden der Kraftfäden, die an den Draht gebunden waren, sollte nach Faraday-Maxwells Theorie Ablösung der elektrischen Kraftfäden von den Elektronen möglich sein, es sollte im leeren Raume elektrische und magnetische Kraft auftreten, obschon doch der leere Raum nichts enthalten kann, was eine solche Kraft nach der alten Vorstellungsweise ausüben könnte, denn der Äther enthält weder Elektronen noch Magnetonen. Hätte Hertz seinen Oscillator ganz nach Art der alten Schwingungskreise, wie sie bei unseren Versuchen über elektrische Schwingungen verwendet wurden und auch bei dem besprochenen Vorbild den Induktionsscheiben, so wäre ihm die Lösung dieses II. Teils des Problems nicht geglückt; denn die Kraftfäden bleiben auch hier immer in der Nähe der Leiter, breiten sich nicht merklich in den Raum aus. Er verwandte aber, wie gezeigt, nicht einen geschlossenen Schwingungskreis, die Kugeln seines Oscillators waren einander nicht gegenüber, sondern an den entgegengesetzten Enden des sie verbindenden Drahtes, so daß die Kraftfäden notwendig zum großen Teil durch entfernte Gebiete des Raumes hindurchgehen mußten.

In der Tat gelang ihm, mittels dieser offenen Oscillatoren zu beweisen, daß tatsächlich Ablösung ringförmig in sich zurücklaufender elektrischer und magnetischer Kraftfäden von dem Oscillator möglich ist, welche selbstän-

dig, unbekümmert um die weiteren Vorgänge im Oscillator, mit der ihnen eigentümlichen Geschwindigkeit in den Raum hinauseilen und ihre Existenz nur dadurch verraten, daß sie, wenn sie auf einen gleichgestalteten Resonator auftreffen, in dessen Unterbrechungsstelle ein Funkenspiel wecken, indem sie im Resonator aufbrechen, sich an die in dem Metall vorhandenen Elektronen anheften und diese nun in entsprechende, äußerst rasche hin- und hergehende Bewegung versetzen.

Die Figuren (17a—h) zeigen die aufeinander folgenden Stadien der Ablösung der elektrischen Kraftlinien, wobei die magnetischen entsprechend dem Modell (Fig 5) immer senkreckt dazu zu denken sind. In größerer Entfernung sind die Kraftfäden annähernd geradlinig.

Die Fünkchen in der Unterbrechungsstelle des Resonators sind aus der Entfernung nicht gut zu sehen. Man kann aber deren Auftreten indirekt dadurch nachweisen, daß man die Unterbrechungsstelle nach dem Vorgang von Branly mit Feilspähnen füllt, welche durch die Fünkchen verschweißt werden, so daß sie z. B., wie der Versuch zeigt, den Strom eines galvanischen Elementes, welches ein Galvanometer oder eine elektrische Klingel betätigt, hindurchlassen, durch die Erschütterungen seitens der letzteren aber alsbald wieder auseinander gebrochen werden.

Die Schwingungen im Resonator erzeugen natürlich ebenso wie diejenigen im Oscillator eine elektromagnetische Strahlung. Setzt man zwei, drei oder mehr Resonatoren der Reihe nach zu einem Stab aneinander, so ist die Strahlung entsprechend komplizierter (Fig 18, 19), die Wellenlänge bleibt aber diesselbe. In gleicher Weise erzeugt ein langer, der Oscillatorachse paralleler Draht, welcher als Kette vieler Resonatoren (Fig 16) aufgefaßt werden kann, eine derartige reflektierte Strahlung, noch besser ein Gitter aus vielen parallelen Drähten. Bei Drehung um 90° erweist sich das Gitter natürlich wirkungslos. Zufügung eines gekreuzten Gitters zum ersten ändert also die Wirkung nicht, man kann sogar die beiden Gitter zu einer zusammenhängenden Metallfläche, einem ebenen Spiegel vereinigen. Infolge Interferenz der ankommenden und reflektierten Wellen bilden sich Knotenpunkte, deren Abstand die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen im freien Raume ermitteln läßt. Hertz fand, daß sie, wie es Faraday-Maxwells Theorie forderte,

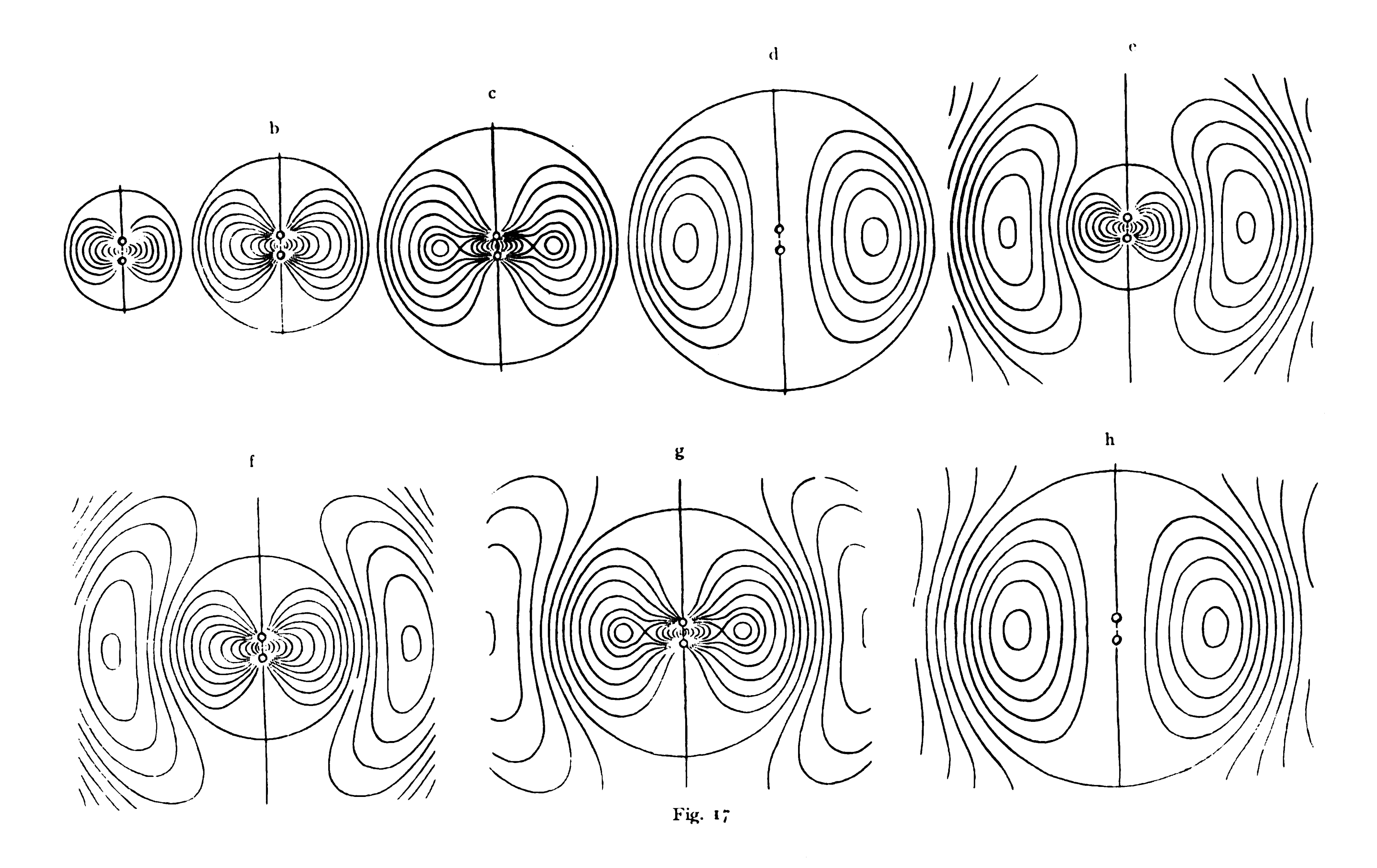


Fig. 17

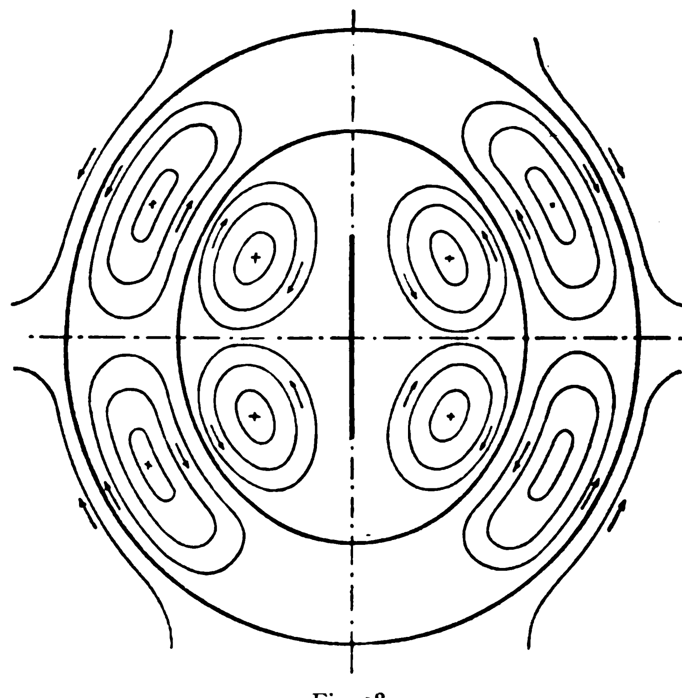


Fig. 18

300 Millionen Meter pro Sekunde beträgt. Damit war das Problem endgültig zugunsten dieser Theorie entschieden!

Die Geschwindigkeit ist ganz dieselbe wie die des Lichtes und dies hatte bereits Maxwell veranlaßt, seine elektromagnetische Lichttheorie aufzustellen, welcher zufolge auch das Licht nur aus elektrischen (und dazu senkrechten magnetischen) Kraftfäden von regelmäßig abwechselnder Richtung besteht, welche losgelöst von Elektronen frei im Raume fortschreiten.

In der Tat konnte Hertz nachweisen, daß die Analogie zwischen den von ihm entdeckten elektromagnetischen Strahlen und den Lichtstrahlen eine vollkommene ist. Das Reflexionsgesetz der ersteren stimmt mit dem des Lichtes überein, deshalb können die Hertz-Strahlen durch einen Hohlspiegel parallel gemacht und in einem zweiten konzentriert werden, wie der Versuch zeigt. Verdrehe ich den einen Hohlspiegel, so daß das Strahlenbündel nicht in den anderen hineingelangt, so spricht der darin enthaltene Resonator nicht an; durch Zwischenschaltung eines ebenen Spiegels kann aber dem Strahl wieder die richtige Richtung gegeben werden.

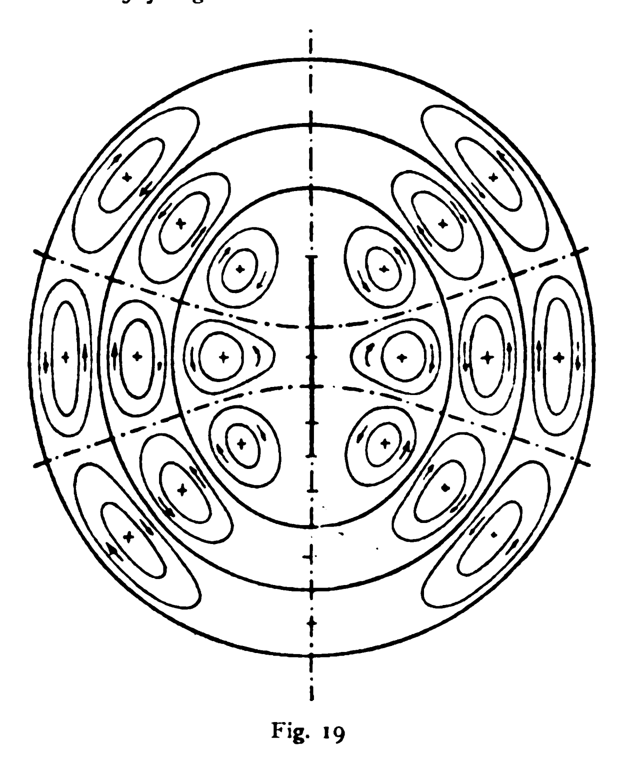


Fig. 19

Die Analogie mit dem Licht bewährte sich auch beim Durchgang durch ein Prisma[1], welches natürlich für Lichtstrahlen nicht durchsichtig zu sein braucht. Auch Interferenzversuche lassen sich in beiden Fällen in gleicher Weise anstellen. Durch die Öffnung in einem Metallschirm (Fig. 20) tritt ein geradliniger Strahl heraus, da der Energiestrom immer senkrecht zur elektrischen und magnetischen Kraft sein muß, gewissermaßen aus abgeschnittenen Kraftfäden bestehend, doch lehren die Beugungserscheinungen, daß deren Enden verbunden sind. Von einem Lichtstrahl unterscheidet sich ein solcher magnetischer Strahl im wesentlichen nur durch die Wellenlänge, welche für das Licht etwa eine Million mal kleiner ist. Die Wellenlänge des gelben Lichtes beispielsweise beträgt rund ein halbes Tausendstel Millimeter. Da die Länge des Oscillators der Abstand zwischen zwei Schwingungsbäuchen, also die halbe Wellenlänge ist, folgt, daß die Oscillatoren, welche das Licht erzeugen, einzelne Atome sein müssen, das Licht also seine Entstehung Schwingungen der Elektronen in den Atomen verdankt. So wurde durch die Hertzschen

[1] Siehe A. Schleiermacher a. a. O. Taf. I.

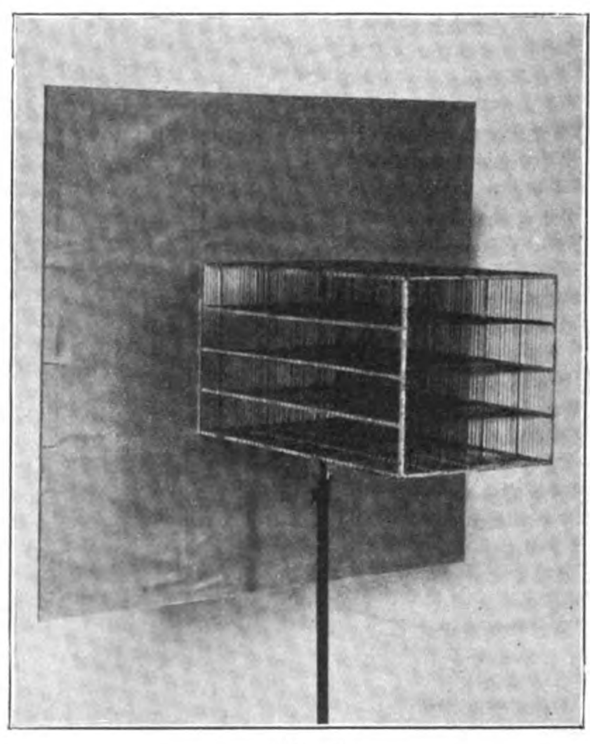


Fig. 20

Versuche eine sichere Basis für das große Gebiet der physikalischen Optik und der Strahlungstheorie gewonnen.

Marconi gelang es, auch eine hochwichtige praktische Verwendung der Hertzschen Strahlen zu ersinnen, nämlich die drahtlose Telegraphie. Wir haben nur nötig, bei unserem Apparat die Klingel durch einen gewöhnlichen Morsetelegraphen zu ersetzen, um sofort auf einige Entfernung, selbst durch Wände hindurch ohne Drahtleitung telegraphieren zu können. Für weitere Entfernungen ist die Energiemenge der kleinen Hertzschen Oscillatoren aber nicht ausreichend, man muß größere nehmen: Drähte an hohen Masten emporgeführt, sogenannte Antennen, welche Wellen bis zu einer Länge von 10 Kilometern erzeugen. Die eine Hälfte von Oscillator und Resonator kann man sparen, denn falls man die Antennen unten mit der Erde verbindet, wird dieses Ende von selbst zum Knotenpunkt. Die Figur 21 zeigt die von einem solchen halben Oscillator ausgehenden Wellen, wobei die Kraftlinien an der Erdoberfläche endigen. Die Antenne kann auch andere Form haben, z. B. T-Form, wie die Antenne des Dampfers »Imperator«, welche ermöglicht, mit Wellen von 1,8 km Länge mitten auf dem atlantischen Ozean immer Verbindung mit dem Lande (d. h. bis auf 3 800 km Entfernung) zu unterhalten, so daß jeden Morgen eine Bordzeitung mit den neuesten Nachrichten erscheinen kann. (Die projizierten Bilder zeigten Antenne, Aufnahmeapparat und ein Exemplar der Bordzeitung.) Neuerdings ist sogar eine direkte drahtlose telegraphische Verbindung zwischen

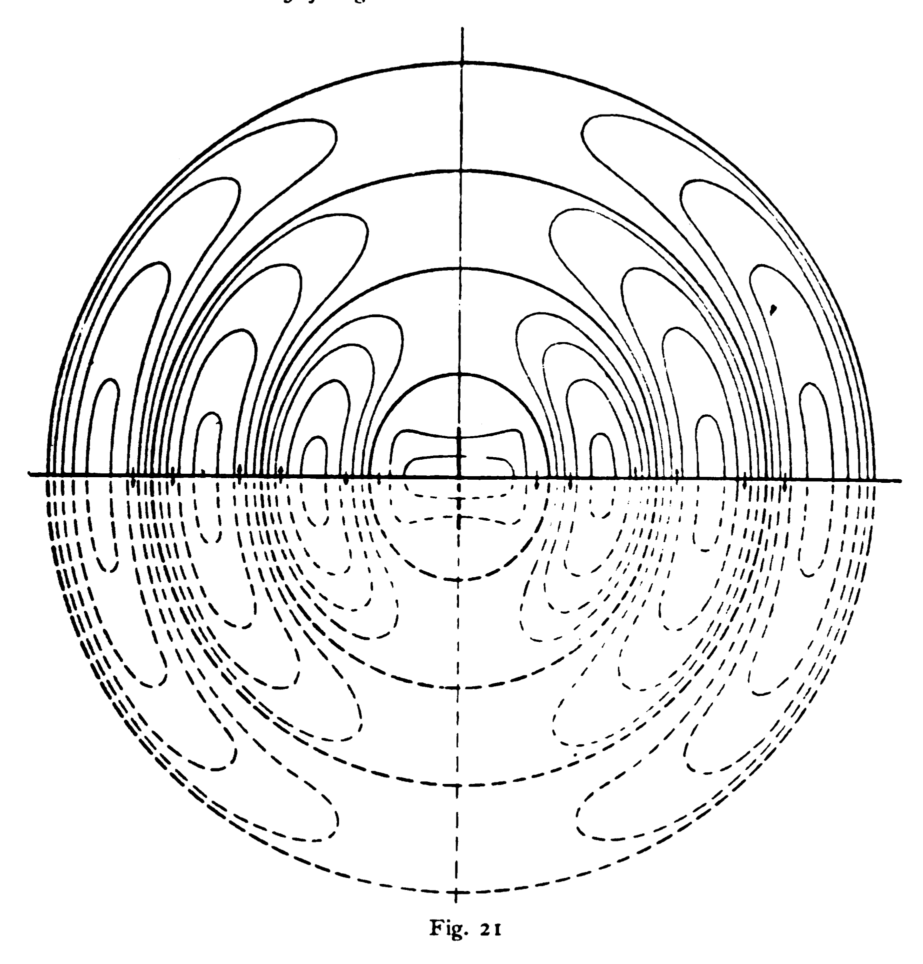


Fig. 21

Berlin und Newyork hergestellt worden. (Die Bilder zeigten Aufnahme- und Empfangsstation.)

Zur Speisung solcher großer Oscillatoren gehören natürlich ganz andere Energiemengen als bei den Hertzschen Versuchen. Nach dem Vorgange von Braun wird hierzu das Resonanzprinzip benutzt. Wie Tesla gezeigt hat, erfordert Resonanz bei elektrischen Schwingungen nicht notwendig Gleichheit der induzierenden und induzierten Spule wie bei den alten Induktionsscheiben, es muß nur Übereinstimmung der Schwingungsdauer vorhanden sein. So sehen wir bei dem Apparate hier [1] bei wesentlich verschiedener Beschaffenheit der beiden Spulen so kräftige Resonanz auftreten, daß große Büschel von Elektronenströmen in die Luft austreten. Würden wir eine Antenne anschließen, so würde die

[1] Siehe Frick, Phys. Technik, 7. Aufl. Bd. II, (I) Seite 715.

Energie genügen, viele kilometerweit zu telegraphieren. Bei größeren funkentelegraphischen Stationen gehören Maschinen von Hunderten von Pferdestärken dazu, die nötige Energie zu liefern.

Anfänglich bereitete große Schwierigkeiten die Rückwirkung der induzierten Spule, an welche die Antenne angesetzt ist, auf den induzierenden Schwingungskreis. Heute ist durch die Methode der Stoßfunken von Max Wien (zahlreiche sehr kleine gut gekühlte hindereinander geschaltete Funkenstrecken), d. h. Funken, die sofort erlöschen, wenn die Schwingungen der Antenne erregt sind, so daß der induzierende Schwingungskreis, weil er unterbrochen ist, durch letztere nicht beeinflußt werden kann, auch diese Schwierigkeit behoben; man kann Wellen von genau bestimmter Länge herstellen, die nur auf einen besonders darauf abgestimmten Resonator einwirken.

Größte Bedeutung hat die drahtlose Telegraphie für die Schiffahrt erlangt, nicht nur zur Verständigung bei Gefahr, sondern auch zu genauer Zeitbestimmung, die nötig ist für exakte Ortsbestimmung.· Ersetzt man den telegraphischen Empfangsapparat durch eine elektrische Zündvorrichtung, so können aus der Ferne Minen entzündet werden; ersetzt man sie durch einen Elektromotor, der das Steuerruder betätigt, so kann ein Schiff aus der Ferne gesteuert werden und anderes mehr.

Soweit es sich nur um telegraphische Verständigung handelt, wird an Stelle des gewöhnlichen Morsetelegraphen das weit empfindlichere Telephon benutzt, wobei durch regelmäßige im Takte von Schallschwingungen bewirkte Unterbrechung der elektrischen Schwingungen dafür gesorgt werden muß, daß hörbare Töne entstehen (tönende Funken). Indem man nicht einfach Unterbrechungen wirken läßt, sondern die Stromschwankungen in einem Mikrophon, in welches hineingesprochen wird, ist drahtlose Telephonie auf große Entfernung bis 600 Kilometer möglich Voraussichtlich wird möglich sein, die Methode unter Benutzung der Lieben-Röhre, die 40 fache Verstärkung eines Lautes ermöglicht, noch zu verbessern.

Auch diese Erfindung der Liebenröhre beruht auf einer von Hertz bei seinen Versuchen gemachten Entdeckung, daß, wie später Hallwachs näher erforscht hat, das Licht den Austritt von

Elektronen aus Konduktoren, welche solche im Überschuß enthalten, bewirken kann, wie sich z. B. zeigt, wenn man eine blanke negativ geladene Zinkplatte belichtet. Ein gespreizter, damit verbundener Papierbüschel fällt sofort zusammen.

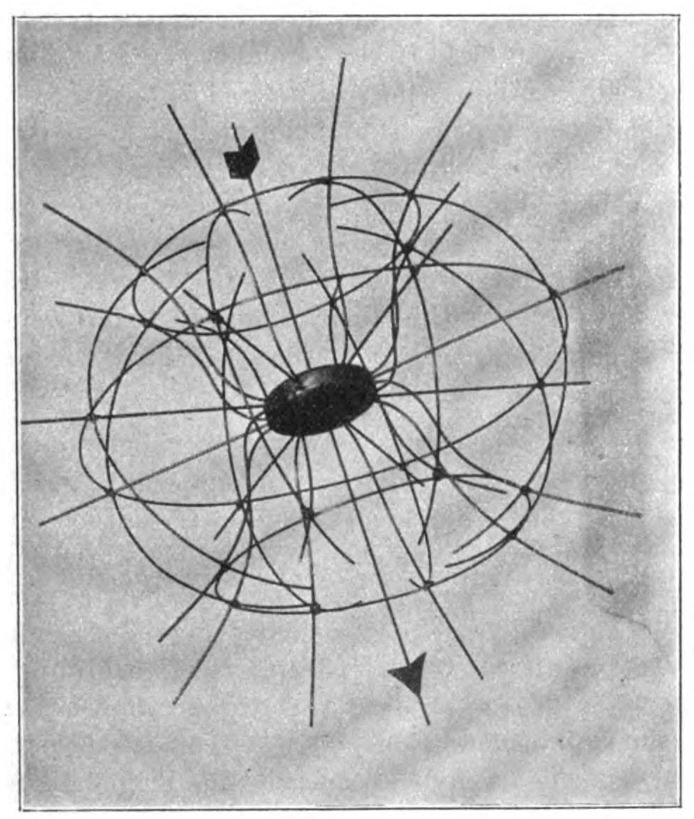


Fig. 22

Durch das genaue Studium der Lichterscheinungen beim Durchgang der Elektrizität durch Gase, insbesondere des blauen Lichts an der Kathode (der Stromzuführung, welche Elektronen im Überschuß enthält), kam Hertz zu der interessanten Entdeckung, daß diese sogenannten Kathodenstrahlen auch dünne Metallschichten durchdringen können. Die Fortsetzung der Versuche durch seinen Assistenten Lenard wurde Veranlassung der Entdeckung der Röntgenstrahlen, deren hohe Bedeutung für die medizinische Wissenschaft allbekannt ist, die neuerdings infolge ihrer äußerst kleinen Wellenlänge auch Nachweis der Raumgitterstruktur von Kristallen ermöglicht haben, ganz besonders aber

Veranlassung wurden zur Entdeckung der Becquerelstrahlen und des Atomzerfalls bei radioaktiven Substanzen. Ein ungeheueres neues Wissensgebiet wurde dadurch erschlossen.

Man fand, daß die Kathodenstrahlen nichts anderes sind, als fortgeschleuderte Elektronen, daß ihre scheinbare Trägkeit, vermöge deren sie sogar, wie Hertz gefunden hat, Blattgold durchdringen können, nur eine scheinbare ist. Ein bewegtes Elektron ist immer umgeben von ringförmigen magnetischen Kraftfäden senkrecht zur Achse, so daß immerfort ein Energiestrom in Linien senkrecht zur magnetischen und elektrischen Kraft (welche Richtungsänderung erfährt) stattfinden muß, indem die verschwindenden magnetischen Kraftfäden fortgesetzt elektrische Kraft erzeugen, die das Elektron in seiner geraden Bahn weitertreibt, ohne aber seine Geschwindigkeit zu erhöhen, ganz wie die wahre Trägheit die wägbare Materie. (Fig. 22).

Selbst der elektromagnetischen Strahlung kommt eine scheinbare Trägheit oder Masse zu. Zu Anfang wurde gezeigt, daß zwei gleichgerichtete Kraftfädensysteme, wie sie von Oscillator und Resonator ausgehen, einander genähert, die Erscheinung der elektrischen Abstoßung zeigen, d. h. daß sie einen Druck aufeinander ausüben, wie etwa gegeneinander gepreßte Gummibälle. Dementsprechend muß ein Lichtstrahl, welcher einen Spiegel trifft, einen Druck auf diesen ausüben und ein Körper der einen Lichtstrahl aussendet, muß einen Rückstoß erfahren, ähnlich wie ein Gewehr, aus welchem eine Kugel abgeschossen wird. Die Erde beispielsweise erfährt durch die Sonnenstrahlung einen Druck von 74 Millionen Kilogramm; durch dieselbe Kraft wird die Sonne gestoßen, indem sie die Strahlen in der Richtung der Erde aussendet. Wirkung und Gegenwirkung sind aber nicht wie sonst gleichzeitig, der Druck auf die Erde erfolgt erst 8 Minuten später, eben wenn die Strahlen die Erde erreichen. Das gibt zu denken. Die Kraftfäden, welche in den leeren Raum hinauseilen, verhalten sich anscheinend wie fortgestoßene Massen. Ein Kubikmeter Sonnenlicht beispielsweise scheint eine Masse von 53 Quadrilliontel Kilogramm zu haben. Um soviel müßte die Masse eines schwarzen Körpers zunehmen, der ein Kubikmeter Sonnenlicht aufnimmt. Ja, aus den Strahlungsgesetzen wäre zu schließen, daß diese Masse gewissermaßen aus Atomen besteht.

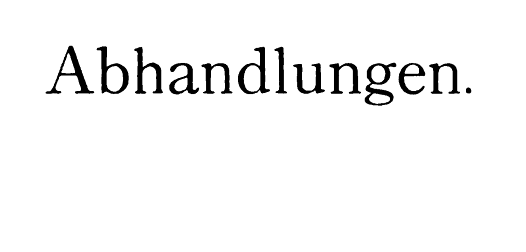
Ein Atom gelbes Licht müßte eine Masse von 385 Billiontel Kilogramm haben. Das erscheint uns nicht verständlich, denn Strahlung ist, wie gezeigt, nur Kraft oder Energie, nicht Masse. Selbst die Annahme, die Kraftfäden seien ein verborgener Bewegungszustand des Äthers, welche ermöglichte, den Äther, der übrigens kein Gewicht hat, als die stoßende oder fortgestoßene Masse zu betrachten (denn Kraft ist Masse mal Beschleunigung), begegnet den größten Schwierigkeiten. Ist überhaupt Bewegung des Äthers möglich, so müßten entsprechende Störungen in der Entstehung und Ausbreitung der elektrischen und magnetischen Kraftfäden eintreten, von welchen sich nichts beobachten läßt. Nur die Annahme, der Äther sei das absolut Ruhende in der Welt scheint zulässig, wobei dann aber (vgl. S. XIV, Anm. 1) angenommen werden muß, die Naturgesetze seien derart, daß nichts destoweniger auf keine Weise die Bewegung eines Körpers relativ zum Äther erkannt werden kann.

Rätsel häuft sich hier auf Rätsel und Hunderte von Physikern aller Länder sind zurzeit bestrebt, diese Rätsel, die sich auf Grund der Hertzschen Entdeckungen ergeben haben, zu lösen. Dabei ergeben sich immer neue Lücken unserer bisherigen Naturkenntnis, immer neue Entdeckungen und Erfindungen und das Ende der Reihe ist nicht abzusehen.

Einen Forscher, der die Wissenschaft so sehr bereichert hat, dessen Bild hier in der Aula der Technischen Hochschule mit Recht unter die Bilder der größten Männer der Wissenschaft eingereiht ist, unter seinen Mitgliedern gehabt zu haben, ist der ganz besondere Stolz des Karlsruher Naturwissenschaftlichen Vereins. Ich möchte hoffen, daß mir gelungen wäre, durch meine Skizze, die in Anbetracht der Kürze der Zeit naturgemäß nur eine sehr flüchtige sein konnte, immerhin denjenigen unter Ihnen, die durch Lebensstellung oder Beruf verhindert sind, sich eingehender mit Naturwissenschaft zu beschäftigen, wenigstens einigermaßen die Möglichkeit geboten zu haben, die hohe Wichtigkeit der Hertzschen Arbeiten durch eigene Anschauung zu erkennen.

Hertz, ursprünglich als Ingenieur ausgebildet und durch seine Gaben zu glänzender Lebensstellung berufen, hat hierauf verzichtet und die dargelegte, überaus schwierige Tätigkeit auf dem Gebiet der reinen Wissenschaft vorgezogen, in begeistertem Streben nach

Erkenntnis der Wahrheit. Sein Werk ist geeignet, in weitesten Kreisen ein Gefühl reiner Freude zu wecken über solchen Triumph des menschlichen Geistes, zugleich aber auch hohe Bewunderung des edlen Charakters seines Urhebers. Das Deutche Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik in München hat beschlossen, diesem in seinem Ehrensaal ein Denkmal zu errichten; allen sichtbar und unvergänglich ist das Denkmal, das ihm durch sein Werk selbst gesetzt ist.



Abhandlungen.

Bericht
über die Expedition des „Armauer Hansen"
in den Atlantischen Ozean im Jahre 1913.

Von Prof. Dr. **M. Auerbach,** Karlsruhe (Baden).

Als mir im August des Jahres 1911 mein Freund Dr. B. Helland Hansen, Direktor der Biolog. Station von Bergens Museum, mitteilte, daß die Station jetzt ein seetüchtiges Forschungsschiff erhielte, auf dem wir zusammen einmal eine Expedition zur Förderung unserer Spezialstudien unternehmen könnten, dachte ich nicht, daß dieser nur ganz kurz angedeutete Plan schon bald zur Ausführung gelangen könnte. Um so angenehmer wurde ich daher Ende 1912 durch einen Brief Hellands überrascht, der mir mitteilte, das neue Schiff solle zum Frühjahr 1913 fertig sein, und der Ausführung einer größeren Reise stände nichts entgegen, falls ich mich beteiligen wolle. Die Hauptfrage war hier wie überall die Beschaffung der nötigen Mittel, und nur zögernd ging ich an die Aufgabe heran, den auf mich fallenden Teil der Expeditionskosten zusammenzubringen, denn einmal handelte es sich um eine ziemlich große Summe, und dann hatte ich von unserem Badischen Ministerium des Kultus und Unterrichts sowie vom Karlsruher Naturwissenschaftlichen Verein schon so oft in bereitwilligster Weise Reiseunterstützungen erhalten, daß es mir unbescheiden erschien, schon wieder mit neuen Forderungen aufzutreten. Meine Bedenken wurden endlich nur durch die Überzeugung besiegt, daß es sich dieses Mal um eine vielleicht nie wiederkehrende günstige Gelegenheit handle und daß indirekt die auf der Expedition gewonnenen Resultate auch unserem Heimatorte von Nutzen sein könnten. So stellte ich dann schließlich die nötigen Gesuche fertig, und wieder Erwarten fanden sie eine günstige Aufnahme; die nötigen Mittel wurden mir bewilligt, so daß Ende des Jahres 1912 ernstlich mit der Festlegung des Reiseplanes usw. begonnen werden konnte.

Ehe ich nun an die Schilderung des Zweckes und des Verlaufs unserer Expedition herangehe, muß es meine erste Pflicht sein, auch an dieser Stelle unserem Ministerium des Kultus und Unterrichts, sowie dem Naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe meinen besten Dank abzustatten für die weitgehende finanzielle Unterstützung, die mir eine Teilnahme an der Reise erst möglich machte, sowie dem Ministerium noch für die Erteilung eines vierteljährlichen Urlaubs für die Monate Mai bis August 1913.

Es ist vielleicht auch hier der geeignetste Platz kurz der anderen Herren noch zu gedenken, denen ich Dank schulde. Da steht an erster Linie mein Freund Helland Hansen, der Expeditionsleiter. Ihm danken wir den schönen, harmonischen Verlauf der ganzen Reise, er ist stets mit unveränderlicher Freundlichkeit bereit gewesen, alle meine Wünsche zu erfüllen und durch seinen stets guten Humor hat er uns unser Schiff auf der ganzen Fahrt zu einer lieben Heimat gemacht. Die Direktion von Bergens Museum und an ihrer Spitze ihr Präsident, Herr Oberarzt Claus Hansen in Bergen, ist mir während der langen Wartezeit in Bergen in stets unveränderlicher Gastfreundschaft entgegengekommen, so daß Ungeduld und Nervosität leicht besiegt werden konnten, als sich die Fertigstellung der Ausrüstung Woche um Woche hinzog. Zu danken habe ich auch dem Besitzer der Segeljacht »Togo« Fischereikonsulent und Kapitän Iversen, der uns sein tüchtiges kleines Schiff zur Vornahme kleiner Exkursionen in die Fjorde zur Verfügung stellte und mir aus dem reichen Schatz seiner langjährigen Erfahrungen immer bereitwilligst Ratschläge erteilte.

Endlich gebührt herzlicher Dank allen wissenschaftlichen Expeditionsteilnehmern und der wackeren Besatzung des Schiffes. Während der ganzen langen Zeit ist von keiner Seite auch nur die geringste Trübung des guten Einvernehmens an Bord vorgekommen, und das ist nur dem guten Willen aller Beteiligten zu verdanken. Mit den »Wissenschaftlern« verbindet mich jetzt aufrichtige Freundschaft und der ganzen Besatzung, vor allem Kapitän Wilhelmsen kann ich nur die höchste Bewunderung zollen für die Art, wie sie unser kleines Schiff glücklich durch alle Stürme hindurchführten, wie sie alle die komplizierten Apparate handhabten und wie sie immer freundlich zu kleinen Dienstleistungen bereit waren. Es ist nicht zu viel, wenn ich sage: »Mit einem

Schiffe wie Armauer Hansen und mit seiner Besatzung kann man alles unternehmen; selbst die schwersten Aufgaben lassen sich mit ihrer Hilfe lösen.« Drum sage ich allen hier nochmals meinen herzlichsten Dank.

Da ich mich mit einer größeren Summe an der Expedition beteiligt hatte, hielten wir es für richtig, schon von vornherein die verschiedenen Ansprüche der Teilnehmer an dem wissenschaftlichen Materiale festzulegen. Der biologischen Station verblieb alles ozeanographische und meteorologische Material; die Ausbeute an wirbellosen Tieren fällt Bergens Museum zu, und ich selbst erhalte die Ausbeute an Fischen, soweit es sich nicht um Unika oder neue Spezies handelt, die nur in ganz wenigen Exemplaren erbeutet wurden; diese verbleiben Bergens Museum. Jeder Teil kann frei über das ihm zufallende Material verfügen; die wissenschaftlichen Arbeiten, die über die Ergebnisse der Expedition erscheinen, werden als Mitteilungen der betr. im Besitze befindlichen Institute veröffentlicht; Arbeiten über die Fischausbeute, soweit sie in meinem Besitz ist, erscheinen als Mitteilungen aus dem Großh. Naturalien-Kabinett in Karlsruhe und der biolog. Station in Bergen.

Nachdem die finanzielle Seite des Unternehmens sicher gestellt war, hieß es nun, einen Plan des Reiseweges zu entwerfen. Es mußte hierbei berücksichtigt werden, daß Armauer Hansen möglichst mit Hilfe der Segel zu fahren haben würde, um einen möglichst großen Aktionsradius zu erhalten und möglichst an Brennmaterial zu sparen. Infolgedessen war ursprünglich beabsichtigt, von Bergen aus südlich durch die Nordsee und den Kanal zu gehen, den Busen von Biskaya zu kreuzen und nach Lissabon zu gelangen. Von hier aus sollte die Route nach den Azoren führen und von dort in nördlicher Richtung dem großen Rücken folgen, der unterseeisch den Nordatlantik in ein östliches und westliches Becken teilt. Zwischen 55—60° n. Br. sollte dann der Kurs westlich gerichtet werden, um auf dem Plateau von Rockall noch Untersuchungen zu ermöglichen, endlich sollten Stationen noch in der Färoe-Shetland-Rinne genommen werden. Nach 3 Monaten sollte dann die Expedition in Bergen wieder ihren Abschluß finden.

Leider aber konnte dieser große Plan nicht zur Ausführung gelangen. Die große Winde des Schiffes, die wir unbedingt zur

Vornahme unserer Fänge brauchten, wollte und wollte nicht fertig werden, die Kettenübertragungen, welche den Antrieb der Winde durch den Schiffsmotor ermöglichen, trafen mit 6wöchiger Verspätung aus Deutschland ein und erst 1 $^1/_2$ Monat nach dem ursprünglich festgesetzten Termin war das Schiff klar.

Es tauchte nun die Frage auf: »Was tun?« Die kostbare Zeit war verstrichen; zum Anfang August mußten wir zurücksein; an eine Durchführung des ursprünglichen Programms war nicht zu denken. Sollten wir die Expedition für dieses Jahr ganz aufgeben oder sollten wir sehen, in der noch zur Verfügung stehenden Zeit so viel wie möglich zu erreichen? Nach langen Beratungen entschlossen wir uns zu letzterem. Von der Westküste Schottlands nach Westen, etwa zwischen dem 55. und 60.° n. Br. erstreckt sich ein Gürtel des atlantischen Ozeans, der weder in ozeanographischer noch in zoologischer Hinsicht jemals genauer untersucht worden ist, alle früheren Expeditionen hatten ihr Arbeitsfeld entweder nördlicher oder südlicher gehabt. Es mußte also von großem wissenschaftlichem Interesse sein, diese Lücke möglichst auszufüllen, zumal es sich hier um ein Grenzgebiet handelt, wo kalte und warme Strömungen zusammentreffen. Als dann Helland Hansen mir auch noch in Aussicht stellen konnte, daß mir von anderen Expeditionen auch Fischmaterial aus südlicheren Teilen des Atlantik zugänglich gemacht werden solle, gab ich zu dem neuen Plan meine Zustimmung. Darnach sollten wir von Bergen aus zunächst über die Nordsee, zwischen den Orkney und Färoer hindurch nach Stornoway auf den Hebriden, von hier aus sollte dann versucht werden, so weit nach Westen (mindestens 28° w. L.) zu kommen, wie Zeit und Proviant es erlauben würden. Die weiteren Ausführungen werden zeigen, daß dieses Programm genau durchgeführt werden konnte.

Was nun den Zweck und die wissenschaftlichen Ziele der Expedition anbelangt, so lassen sich diese nicht gut in einigen Sätzen zusammen fassen, da zu viele heterogene Dinge in Frage kommen. Mir persönlich lag vor allen Dingen daran, Untersuchungen über die Parasiten- und speziell die Myxosporidienfauna der pelagischen und Tiefseefische anzustellen. Alles was wir bisher über letztere Schmarotzer wissen, bezieht sich auf solche in Süßwasser- und in typischen Küstenfischen. Die Fische der Hochsee, die rein pelagisch leben und diejenigen der Tiefsee

sind noch nie in bezug auf diese Parasitenfauna untersucht worden, und daher muß jedes Resultat, falle es nun positiv oder negativ aus, von großem Interesse sein.

Neben dieser Hauptfrage lassen sich natürlich noch sehr viele andere Probleme studieren; so muß es von Interesse sein, allein nur schon die Fischfauna jenes Meeresabschnittes kennen zu lernen und mit den anderen Gebieten zu vergleichen. Auch eine ganze Reihe biologischer Momente können untersucht werden, da wir ja durch die zu gleicher Zeit vorgenommenen ozeanographischen Arbeiten über die Zusammensetzung und die sonstigen Bedingungen des betr. Meeresabschnittes unterrichtet sind. Welcher Art die etwa resultierenden Arbeiten sein werden, kann sich aber erst entscheiden, wenn das ganze Material zur wissenschaftlichen Bearbeitung hergerichtet ist.

Wie wir schon sahen, geht das Material an wirbellosen Tieren in den Besitz von Bergens Museum über; in welcher Art dasselbe verwertet werden wird, kann ich natürlich nicht sagen; jedenfalls aber wird es allein schon in zoogeographischem Sinne von großem Interesse sein.

Auch über die ozeanographischen Aufgaben unserer Expedition steht mir als Zoologen kein Urteil zu; es ist das Sache meines Freundes Helland Hansen; ich kann hier nur andeuten, daß es die Aufgabe unserer Ozeanographen war, die hydrographischen Verhältnisse des von uns besuchten Meeresteiles in jeder Hinsicht zu untersuchen. Besonderes Augenmerk sollte auf den Golfstrom, seinen Verlauf und seine Grenzen gerichtet werden. Es wurden zu diesem Zwecke vorgenommen: Strommessungen, Bestimmungen der Temperaturen, des Salz- und Ionengehaltes des Seewassers von der Oberfläche bis in die größten Tiefen; ferner wurden natürlich Tiefseelotungen vorgenommen und Proben des Meeresbodens zu späteren Studien aufgehoben. Während wir Zoologen an Bord eigentlich nur die Sammlung unseres Materials vornehmen konnten, um es dann später zu bearbeiten, waren die Ozeanographen in der glücklichen Lage, schon einen großen Teil ihrer Untersuchungen während der Fahrt zu vollenden, so daß sie gleich definitive Resultate sahen. Welcher Art diese sind, kann ich natürlich nicht veröffentlichen, nur so viel darf ich sagen, daß dieser Teil unserer Expedition sehr zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt hat.

Ehe ich nun an die Schilderung des Verlaufs unserer Reise herantrete, dürfte es wohl geraten sein, einige Worte zu sagen über das Expeditionsschiff, seine wissenschaftliche Ausrüstung, die Verpflegung an Bord und über alle Teilnehmer an derselben.

Das wichtigste bei einer ozeanographischen Expedition ist ihr Schiff; ist dieses für seinen Zweck geeignet gebaut und seetüchtig, so kann ein Mißerfolg, falls nicht ganz unvorhergesehene unglückliche Ereignisse eintreten, nur durch die Untüchtigkeit seiner Besatzung und der wissenschaftlichen Teilnehmer erklärt werden: Es war daher von vornherein Helland Hansens Ziel, ein so gutes Seeschiff wie nur irgend möglich zu erhalten.

Bei Erreichung dieses Zieles mußten nun verschiedene Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Einmal standen keine unbegrenzten Geldmittel zur Verfügung, so daß das Fahrzeug nicht zu teuer werden durfte. Dann mußte man auch darauf sehen, den Betrieb möglichst billig zu gestalten und dabei doch einen möglichst großen Aktionsradius zu bekommen. So durfte vor allem das Schiff nicht zu groß werden, denn es hätte sonst zu viel gekostet und würde auch eine zu große Besatzung erfordert haben.

Aus diesem Grunde schon schied die Frage des Baues eines Dampfers aus. Kleine Dampfer können im Verhältnis nur wenig Kohlen mitnehmen, soll der sonstige Raum nicht zu sehr eingeschränkt werden; dazu kommt dann noch, daß die Lage der Maschinen im Schiffskörper sehr viel guten Platz wegnimmt. Diese Nachteile hat ein reines Motorschiff nicht; der Motor kann ganz ins Achterschiff gelegt werden; die Behälter für das Brennmaterial lassen sich überall an solchen Stellen einbauen, die sonst zu nichts zu brauchen sind, und dadurch kann die Anordnung der Wohn- und Arbeitsräume eine sehr praktische werden. Aber auch reine Motorschiffe haben ihre Nachteile. Die Motoren, und seien sie noch so gut, haben ihre Launen, und diese machen sich meist gerade dann geltend, wenn man sie am wenigsten brauchen kann. Der Platz für das Brennmaterial (Öl, Petroleum u. a.) ist natürlich auch nicht unbegrenzt, so daß auch hier der Aktionsradius eine gewisse Grenze nicht überschreiten kann, und dann hat endlich das reine Motorboot mit dem Dampfer das gemeinsam, daß beide bei Seegang sehr unruhig im Wasser liegen und so heftige Bewegungen ausführen, daß oft an Arbeiten nicht zu denken ist.

Aus diesen Gründen entschloß man sich, dem zu bauenden Schiffe auch Segel zu geben, und zwar derart, daß es allein unter Segel noch gute Fahrt machte und dabei doch leicht und von wenigen Leuten zu manöverieren war.

Dieser Lösung nun schien sich von Anfang an ein schweres Hindernis in den Weg zu stellen. Zum Einholen und Aussetzen der Netze und sonstigen Instrumente müssen große und sehr starke Winden an Bord sein. Diese wurden bisher stets mit Dampf oder Elektrizität getrieben und es entstand die Frage, ob ein Antrieb der Winden durch den Schiffsmotor möglich sein würde. Die zu Rate gezogenen Ingenieure bejahten diese Frage, und so wurde denn beschlossen, den Versuch zu wagen und das Schiff als erstes mit solchen vom Motor getriebenen großen Winden auszurüsten. Man kann sich denken, mit welcher Spannung wir alle warteten, als die große Winde zum ersten Male in Gang gesetzt wurde und wie wir jubelten, als alles tadellos klappte; hing doch hiervon das ganze Schicksal der Expedition und des Schiffes überhaupt ab. Daß das Gelingen dieses Versuches in bezug auf den Bau von Hochseefischereifahrzeugen von großer Bedeutung sein kann, ist eine Frage für sich, die wir vielleicht noch zum Schlusse einer kleinen Betrachtung unterziehen können.

Nachdem also die Ingenieure die Ausführbarkeit der obigen Frage bejaht hatten, wurden die Pläne des Schiffes hergestellt und der Bau desselben ausgeschrieben. Die Ausführung wurde dann der Werft von Lindstöl in Risör im Christianiafjord übertragen.

Der Rumpf ist ganz aus Eiche gebaut und außerordentlich stark gehalten; seine Länge beträgt etwa 23 m, seine größte Breite ca. 6 m, sein Tiefgang mit Last ca. $3^{1}/_{2}$ m. In Rücksicht auf die Gewichtsverteilung (der Motor und die große Winde liegen hinten) ist der Rumpf hinten sehr breit. Der Typ des Schiffes wird in Norwegen als Schoite bezeichnet, ein Typ, der sich durch große Seetüchtigkeit und gute Segeleigenschaften auszeichnet. Die Takelung besteht aus 2 Masten, einem Großmast vorn und hinten einem kleinen Besan. An Segeln werden geführt außer Fock und Klüver ein Großsegel (Gaffelsegel) und ein Besan, bei gutem Wetter am Großmast noch ein Topsegel. Die Gesamtsegelfläche beträgt etwas über 200 Quadratmeter; alle Segel können von wenigen Leuten von Deck aus bedient werden; bei günstigem Winde und unter vollen Segeln läuft das Schiff (ohne Motor) 7—8 Knoten.



Fig. 1. »Armauer Hansen« im Sognefjord am 22. Juni 1913

Der Motor (Rohölmotor der A.-G. Bolinde) liefert bei normaler Belastung 40 P.S., kann jedoch auf 46 und vorübergehend 52,6 P.S. gesteigert werden; er vermag das Schiff allein mit 6—8 Knoten Geschwindigkeit durch das Wasser zu treiben.

Von großer Wichtigkeit für ein ersprießliches Arbeiten ist natürlich das Vorhandensein eines großen hellen Arbeitsraumes, und auf diesen wurde daher auch die größte Sorgfalt verwendet. Das Laboratorium liegt mittschiffs unter Deck und nimmt die ganze Breite des Schiffes ein; in ihm liegt der Schwerpunkt des Fahrzeuges, so daß in ihm die Bewegungen auch die geringsten sind. Durch große Oberlichter ist für gute Beleuchtung gesorgt, ein großer Arbeitstisch, gute Sitzgelegenheiten, große Schränke für Instrumente und Reagentien geben Gewähr für gute Arbeitsmöglichkeit; ferner sind noch vorhanden ein Waschtisch, ein Sopha und Büchergestelle für eine reichhaltige wissenschaftliche und Unterhaltungsbibliothek.

Nach vorn schließt sich an das Laboratorium ein hübscher Salon an, der als Wohnraum und Speiseraum dient und zugleich 2 Wissenschaftler sehr bequem zum Schlafen aufnimmt; an Backbord ist vom Salon noch eine Kabine mit 2 Kojen abgetrennt.

Auch im Laboratorium können 2 Personen sehr gut schlafen, so daß in den 3 bisher geschilderten Räumen ein Stab von 6 wissenschaftlichen Teilnehmern sehr bequem untergebracht werden kann. Alle Wohnräume sind weiß gestrichen; die Möbel sind Natur-Eiche gebeizt; der Boden ist mit Linoleum belegt.

Vor dem Salon an Steuerbord ist eine Kabine für Kapitän und Steuermann, an Backbord findet sich die Küche und das Klosett, während das Vorschiff 4 Matrosen aufnehmen kann.

Hinter dem Laboratorium befindet sich zunächst ein kleiner Vorplatz mit einer Treppe zum Deck. Dahinter liegt der große Lastraum, der auch vom Vorplatz aus durch eine Tür betreten werden kann, dann folgt der Maschinenraum und endlich noch eine Kabine für 2 Maschinisten.

Der ganze Kielraum unter dem Boden der Kajüten etc. enthält den Ballast und die Tanke für Trinkwasser und das Motoröl.

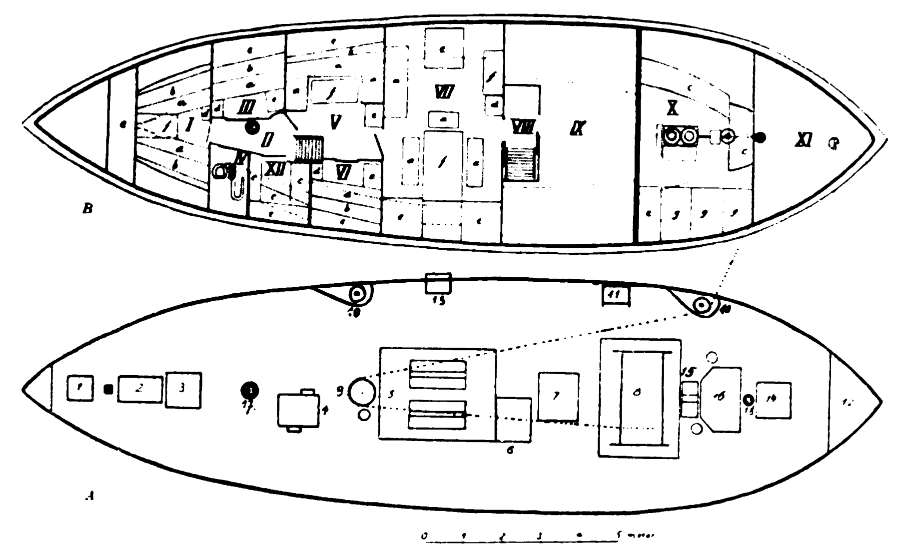


Fig. 2. Plan von »Armauer Hansen«. A. Decksplan; B. Plan unter Deck.

Fig. A. 1. Luke zum Kabelgatt; 2. Ankerwinde; 3. Luke zum Mannschaftsraum; 4. Niedergang zu den Wohnräumen; 5. Oberlicht des Laboratoriums; 6. Niedergang zum Laboratorium; 7. Luke zum Lastraum; 8. große Winde; 9. große Rolle; 10. seitlich verstellbare Rollen; 11. Ozeanogr. Winde; 12. Ruderstuhl; 13. Lukas Lotmaschine; 14. Luke zur Maschinistenkabine; 15. Oberlicht des Motorraums; 16. Steuerhaus; 17. Fockmast; 18. Besanmast. (Die punktierte Linie stellt den Verlauf der Stahltrosse bei Fängen mit den Netzen dar.)

Fig. B. I. Mannschaftskabine; II. Gang; III. Kapitänskabine; IV. Klosett; V. Salon; VI. Backbordkabine; VII. Laboratorium; VIII. Vorraum; IX. Lastraum; X. Motorraum; XI. Maschinistenkabine; XII. Küche.

a. Sopha, zugleich unteres Bett: b. Rückenlehne des Sophas, zugleich aufgeklappt oberes Bett; c. Anrichten usw.; d. Waschtische; e. Schränke, Buffet usw.; f. Tische; g. Tanke.

Diese Behälter dienen zu gleicher Zeit als Ballast. Wenn das in ihnen enthaltene Süßwasser aufgebraucht ist, werden sie mit Seewasser gefüllt. Alle Tanke sind so geräumig, daß bei einer Teilnehmerzahl von 12 Mann für etwa 5—6 Wochen Süßwasser zum Trinken und Kochen mitgenommen werden kann. Der Ölvorrat reicht bei mittlerem Betrieb auch etwa für 4 Wochen aus; befindet sich das Schiff aber oft nur unter Segel, so ist natürlich eine viel längere Fahrtdauer möglich. Diese wenigen Angaben genügen wohl, um zu zeigen, daß der Aktionsradius des Schiffes ein sehr großer und dem eines bedeutend größeren Dampfers um vieles überlegen ist.

Wichtig für leichtes und erfolgreiches Arbeiten sind auch die Anordnungen an Deck. Hier war großes Gewicht darauf gelegt, möglichst viel freien Raum zum Arbeiten zu haben, deshalb waren die Decksaufbauten auch möglichst reduziert. Nur das Steuerhaus achter vor dem Besanmast kann als eigentlicher Aufbau gelten; die Luken, Oberlichter und Niedergänge sind nicht sehr hoch und hindern die freien Bewegungen in keiner Weise. Alles Nähere kann man aus den beiliegenden Plänen ersehen.

Neben dem Schiffe sind das Wichtigste die Apparate, die dazu dienen die Ausbeute zu sammeln und an Bord zu bringen. Armauer Hansen ist in dieser Beziehung sowohl in zoologischer wie ozeanographischer Hinsicht vorzüglich ausgerüstet.

Um die Tiere und Pflanzen des Meeres zu erbeuten bedient man sich in erster Linie der Netze. Kleinere Formen werden mit den bekannten Planktonnetzen gefangen, deren Netzstoff aus Müllerseide in verschiedener Maschenweite besteht. Von derartigen Netzen führten wir eine große Zahl mit und waren mit ihren Fängen außerordentlich zufrieden; die Tiere leiden in ihnen am wenigsten und die schönsten ganz unbeschädigten Exemplare haben wir mit ihnen gefangen. Züge mit Schließnetzen haben wir nicht ausgeführt, sondern wir haben nach der Methode Dr. Hjorts gearbeitet, die in seinem Werke über die Michael Sars-Expedition geschildert ist.

Neben den Planktonnetzen wurden ferner mit gutem Erfolge noch angewendet das sogen. Tobisvad oder Petersensche Jungfischnetz und für größere Bodenfische das große Trawl (vergl. d. Michael Sars-Expedition). Fast immer wurden in einem Zuge zu gleicher Zeit in verschiedenen Tiefen verschiedene Netzarten aus-

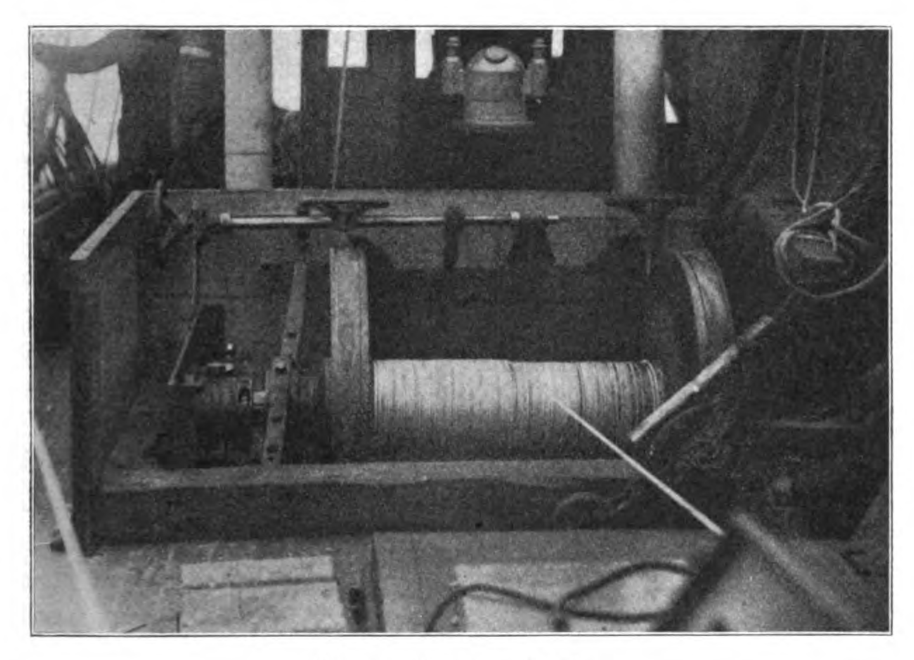


Fig. 3. Die große Winde.

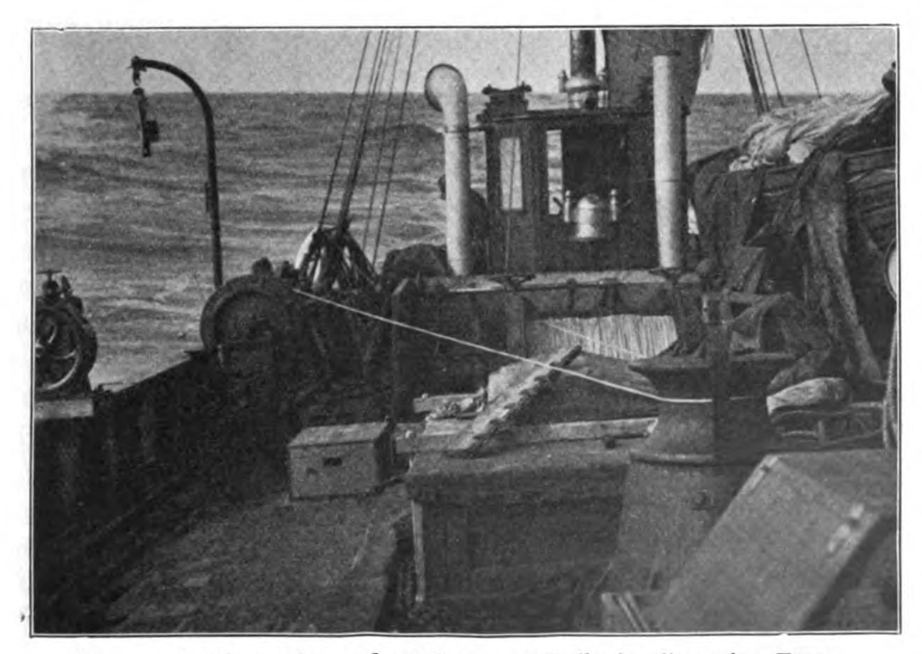


Fig. 4. Anordnung der großen Winde und Rolle für die zoolog. Fänge.

gelassen, so daß mit einem Zuge eine große Wassermenge filtriert wurde und zwar von der Oberfläche bis in große Tiefen.

Das Aussetzen und Einziehen der Netze ist natürlich eine schwierige Arbeit und kann nur mit maschineller Hilfe geschehen. Zu diesem Zwecke ist mittschiffs an Deck vor dem Steuerhause eine große Winde eingebaut, die, wie wir schon sahen, vom Schiffsmotor angetrieben wird. Auf der Windentrommel befinden sich 5000 m einer etwa fingerdicken Stahltrosse, die Fänge bis zu etwa 2500—3000 m Tiefe gestattet. Die Trosse läuft von der Winde zunächst nach vorn um eine große Rolle (vergl. Decksplan) und von dieser wieder nach hinten über eine zweite kleine Rolle an der Steuerbordreeling.

Außer der Netzausrüstung besitzt das Schiff auch vollständiges Geräte zum Fischen mit Langleine, eine Methode, die auf den Bänken ein reiches Material von Bodenfischen liefern kann.

Daß endlich auch genügend Geräte zum Sortieren und Aussuchen der Fänge, wie große Baljen, eine durch den Motor getriebene Pumpe etc. vorhanden sind, ist selbstverständlich.

Wenn man die ozeanographischen Verhältnisse der Bergener biologischen Station einigermaßen kennt, wird es nicht wunder nehmen, daß die hydrographische Ausrüstung Armauer Hansens in jeder Beziehung mustergültig ist. Wir finden neben einer durch Motor und Hand zu treibenden großen Hydrographenwinde hinten an Steuerbord (vergl. Decksplan) noch verschiedene kleine Handwinden mit zusammen vielen tausend Metern Stahl- und Bronceleine, eine Lukas'sche Lotmaschine, Meterräder, Strommesser, Wasserschöpfer verschiedener Systeme in größerer Anzahl, Thermometer, Barographen usw. kurz alles, was zu den Untersuchungen irgendwie notwendig ist; auch sind alle Apparate vorhanden, um das Material, soweit möglich, sofort an Bord zu verarbeiten. Für die Güte des Schiffes und seines Instrumentariums mag schon allein der Umstand sprechen, daß auf der ganzen Expedition nicht ein einziger Thermometer zerbrochen, kein Instrument ernstlich beschädigt wurde, obgleich die Arbeit durch das stets herrschende stürmische Wetter meist sehr erschwert war.

Die Stimmung der meisten Menschen hängt viel davon ab, wie sie ernährt werden, und deshalb kann keine zu große Sorgfalt auf die Verproviantierung gelegt werden. Ich kann hier natürlich nicht auf die Küchenverhältnisse näher eingehen, und will

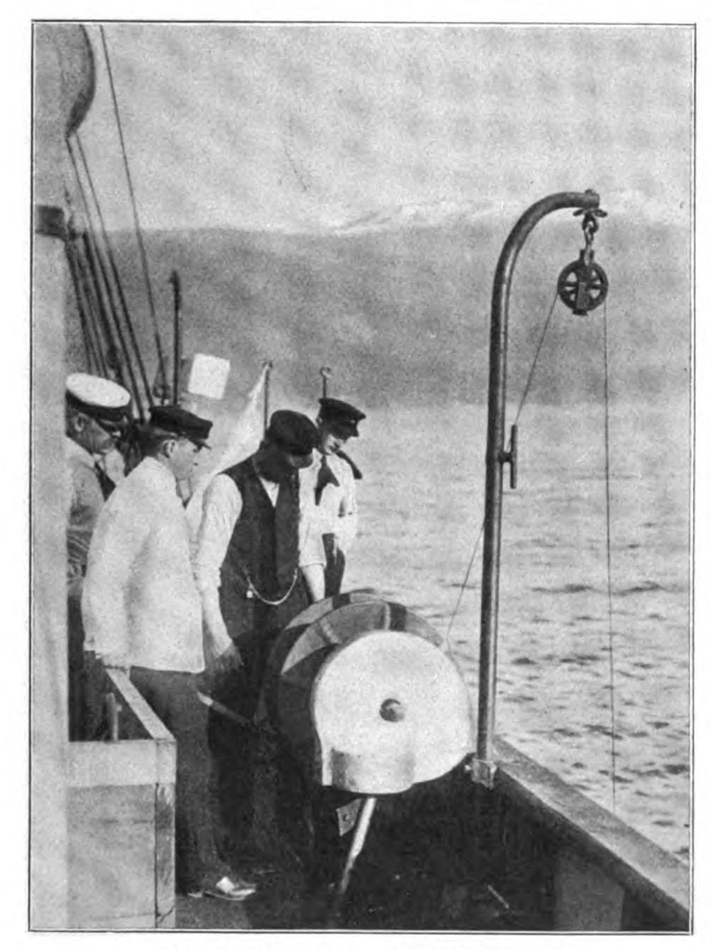


Fig. 5. Die ozeanographische Winde.

nur bemerken, daß möglichst für Abwechslung gesorgt war, wenn auch durch die Krankheit unseres Koches, wie wir bei der Reiseschilderung sehen werden, gerade diese Frage eine etwas schwierige war. Satt sind wir immer geworden, und geschmeckt hat es uns auch immer, besonders wenn wir selber kochten. Auch mit Getränken waren wir gut versehen, wenn auch unser Hauptgetränk Kaffee, Tee und Schokolade war.

Zum Schlusse meiner einleitenden Betrachtungen endlich noch einige Worte über die Personen, die an der Expedition teilnahmen. Dieselben sonderten sich in zwei Gruppen, auf der einen Seite die wissenschaftlichen Teilnehmer und auf der andern die Seeleute, zu denen auch der Koch und die Maschinisten zu rechnen sind.



Fig. 6. Kontrolle eines Nansen'schen Wasserschöpfers durch Helland Hansen.

Leiter der Expedition war, wie ich schon verschiedentlich erwähnte, Dr. Björn Helland Hansen, nach dessen Ideen ja auch das Schiff gebaut war; er war der Leiter der ozeanographischen Arbeiten. Ihm stand zur Seite der Meteorologe cand. Birkeland, der neben den meteorologischen Arbeiten auch an allen hydrographischen Untersuchungen teilnahm, da er an der nächstjährigen Nordpolexpedition von Roald Amundsen als Meteorologe und Hydrograph teilnehmen wird. Teils ozeanographisch teils zoologisch war Herr Ludwig Ameln aus Bergen beschäftigt. Als Zoologen endlich nahmen Teil, Herr cand. S. Johnsen, Kustos an Bergens Museum und der Verfasser dieses Berichtes.

Natürlich war die Arbeit an Bord nicht streng nach den verschiedenen Gebieten geteilt, man half sich vielmehr gegenseitig



Fig. 7. Das Tiefseeloot mit dem »Lukas«.

so viel wie irgend möglich. So verrichteten die Ozeanographen oft zoologische Hilfsdienste, wie andererseits auch wir Zoologen häufig bei hydrographischen und meteorologischen Beobachtungen helfend mit einsprangen, Hilfeleistungen, die sicher für die Gesamtbildung des Einzelnen nur von Vorteil sein konnten. Nebenbei war es auch niemand verwehrt, sich nach Belieben sonst nützlich zu machen; so betätigte ich mich persönlich so viel wie möglich seemännisch, zeitweilig auch als Koch und als Scheuerfrau; doch davon später.

Für das ganze Schiff und den seemännischen Teil der Expedition verantwortlich war unser braver Kapitän Wilhelmsen, der auch stets bei den wissenschaftlichen Untersuchungen die Navigierung übernahm und seine Aufgabe stets in bewunderungs-

würdiger Weise löste. So ist es z. B. wahrlich keine Kleinigkeit, bei starkem Wind und einer See von 5—6 m Höhe bei Vornahme einer Lotung auf 3000 m das Fahrzeug so zu manöverieren, daß die Lotleine immer genau senkrecht im Wasser steht.

Der zweite im Kommando war Steuermann Seiersted, ein richtiger Seebär, der während der ganzen Dauer der Fahrt auch nicht einen Schritt an Land getan hat.

Als Maschinisten waren an Bord der Mechaniker Lien und der Mechaniker Olsen, beide hatten oft sehr schweren Dienst, wenn sie bei hoher See den Motor und die Winden zu bedienen hatten und oft Tag und Nacht nicht zur Ruhe kamen. Als Koch war der Steward Brundland angestellt, der während der langen Wartezeit in Bergen, auf der Probefahrt und auf den Fahrten mit »Togo« viele Proben seiner Kunst gab; leider erkrankte er sofort nach der Ausfahrt und mußte in Stornoway auf den Hebriden zurückgelassen werden, wo wir ihn erst am Ende der Reise wieder abholten.

Den eigentlichen Matrosendienst versahen die Seeleute Harald Lund und Wilhelm Toft. Beide waren aber so geschickt, daß sie eigentlich als »Mädchen für Alles« verwendet wurden; das eine Mal funktionierten sie als Koch, dann spielten sie Waschfrau usw., kurz gesagt, das ganze seemännische Personal war so vorzüglich zusammengesetzt, wie man es sich nur wünschen konnte.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen können wir nun dazu übergehen, in großen Zügen den Verlauf der Reise zu schildern.

Wieder einmal, wie schon so oft, stand ich am Morgen des 10. Mai v. J. an der Kaimauer des Strandkai 19 im Hamburger Hafen und schaute auf den kleinen norwegischen Postdampfer herab, der mich nach Bergen bringen sollte. An Bord war alles in schönster Unordnung, wie das zu Ladung einnehmenden Schiffen gehört, jedoch zeigte mir eine Besichtigung unter Deck, daß ich auf »Kong Gudröd« gut aufgehoben sein würde, war das Schiff doch noch ganz neu und alles peinlich sauber. Ein Blick in die Passagierliste belehrte mich auch, daß mein Vater, der mich bis Bergen begleiten wollte, und ich fast die einzigen Passagiere waren, ein Umstand, der nicht hoch genug einzuschätzen ist.

Nachts 12 Uhr sollte das Schiff in See gehen. Wir hatten unsere Kojen schon zeitig aufgesucht, denn die Ausfahrt war uns nichts Neues. Pünktlich um 12 Uhr wurden wir denn auch durch das Anschlagen der Maschinen und einige merkwürdige schram-

mende Geräusche geweckt, aber bald war wieder alles ruhig, und wir schlossen daraus, daß irgend etwas nicht in Ordnung sei. Erst am Pfingstsonntag Morgen um 5 Uhr kam dann die Maschine wieder in Gang, und dieses Mal wurde es ernst, wir fuhren ab. Beim Frühstück erfuhren wir vom Kapitän, daß wir nachts infolge großer Ladung und Ebbe auf Grund gesessen hatten und erst mit eintretender Flut losgekommen waren. Da wir nichts zu versäumen hatten, konnte uns diese Verzögerung nur angenehm sein, hatten wir doch dadurch eine schöne Tagesfahrt elbabwärts. Bei Brunsbüttel lag ein Teil unserer Hochseeflotte verankert, wodurch wir Gelegenheit erhielten, einige unserer schönen neuen Schlachtschiffe zu sehen, in erster Linie den großen Panzerkreuzer »Moltke«. Aber noch eine andere Überraschung stand uns bevor; vor Cuxhafen tauchte ein Schiffskoloß auf, der sich bei näherem Zusehen als das größte Schiff der Erde, der »Imperator« entpuppte; so hatten wir durch die Verspätung zwei schöne Eindrücke gewonnen, die uns bei pünktlicher Abfahrt verloren gegangen wären.

Über den weiteren Verlauf der Reise bis Bergen ist nicht viel zu sagen; der Aufenthalt an Bord war sehr angenehm; das Wetter war wechselnd und die See so glatt, daß selbst der empfindlichste Magen keine Veranlassung zu Rebellionen gehabt hätte. Montag vorm. 11 Uhr liefen wir in Christiansand ein und blieben dort bis 2 $^1/_2$ Uhr nachm. liegen; dann ging es weiter mit dem üblichen Halten in Cleven-Mandal, Farsund, Flekkefjord, Egersund nach Stavanger, wo wir gegen 11 Uhr vorm. am Dienstag 11. Mai ankamen. Auch während dieses Teils der Fahrt ereignete sich nichts, ebensowenig auf der Reise nach Bergen, das wir am 13. vorm. 5 Uhr erreichten.

Es war für mich ein eigentümlich wohliges Gefühl, mit dem Bewußtsein zu erwachen, daß ich jetzt im alten lieben Bergen sei; es schien mir, als wäre ich nach Hause gekommen. An Land begrüßte mich Wachtmeister Glimme, von der Biolog. Station, der mir bei den Zollformalitäten behilflich war. Meine erste Frage galt natürlich unserem Schiff, aber ach, die Auskunft war nicht erfreulich. An Bord von »Armauer Hansen« solle es aussehen wie in einer Räuberhöhle; es werde mit Hochdruck an der Fertigstellung gearbeitet, aber sicher würde noch einige Zeit verstreichen, bis alles zur Abfahrt bereit wäre. Glücklicherweise

ahnten wir damals noch nicht, welche Geduldsprobe uns bevorstand, die Enttäuschung wäre zu groß gewesen.

Nach Lage der Dinge war es unmöglich, auf »Armauer Hansen« zu wohnen, und so nahmen wir Quartier im Smeby-Hôtel, wo ich wieder, wie immer, ausgezeichnet aufgehoben war. Lange konnte ich es dort aber nicht aushalten; es trieb mich, meine alten Freunde zu begrüßen und das Schiff zu sehen, dem wir uns anvertrauen sollten. So brachen wir denn bald nach der Biologischen Station auf und gingen von dort zur Werft, an der »Armauer« lag. An Deck stand mein Freund Helland Hansen, der uns nach herzlicher Begrüßung überall herumführte. Eines sah ich sofort, »Armauer« ist ein vorzügliches Seeschiff, irgend eine Gefahr ist normaler Weise mit der Reise nicht verbunden; aber ich sah auch mit Schrecken, daß wir nicht so bald fortkommen würden. Unter Deck wurden die Tanke für Öl und Süßwasser eingebaut, auf Deck wurden alle Nähte neu verpicht und an der Montierung der Winden gearbeitet. Die Geduldsprobe konnte beginnen! Für den Abend erhielten wir eine Einladung von dem Direktor der zoolog. Abteilung von Bergens Museum, Herrn Dr. Brinkmann, bei dem ich die Teilnehmer unserer Expedition kennen lernte.

Am 16. Mai fuhr mein Vater mit Bergens Bahn wieder nach Hause, und ich war nun allein auf mich und meine Arbeiten angewiesen. Ich kann nun hier nicht auf eine Schilderung der langen Wartezeit in Bergen mit allem ihrem Ärger eingehen; nur will ich erwähnen, daß alle Bekannten geradezu rührend sich darin überboten, mir das Warten so angenehm wie möglich zu machen.

Vielleicht hat auch gerade die lange Verzögerung der Abfahrt ihr Gutes gehabt. Ich hatte genug Zeit, mich in alle Einzelheiten des Schiffes und seiner Einrichtungen zu vertiefen und mich aktiv an allen Fragen der Expeditionsausrüstung zu beteiligen; das ist nun aber für einen Zoologen, der ja viel reisen muß, wenn er weiter kommen will, von allergrößtem Wert. Das Zustandekommen und die Vorbereitungen der Expedition waren für mich so lehrreich, daß ich jetzt jene Wartezeit nicht missen möchte; sie hat mich befähigt, vielleicht später einmal selbst ähnliche Expeditionen auszurüsten.

Bald sahen wir, daß der Mai und ein Teil des Juni sicher noch mit Reisevorbereitungen verstreichen würden und deshalb begrüßte ich es mit Freuden, als Helland vorschlug, die Zeit wenigstens teilweise mit kleineren wissenschaftlichen Exkursionen auszufüllen.

Am 27. Mai schifften Helland, Birkeland, Hellands Assistent Gaarder, Maler Lofthus und ich uns auf der Segeljacht »Togo« ein, die Eigentum des früheren Kapitäns des »Michael Sars« (norwegisches staatliches Forschungsschiff) und jetzigen Fischereikonsulenten Iversen ist; Kapitän Iversen nahm selbst an der Tour teil; das Ziel war der Mofjord, ein ganz enges und landschaftlich wunderbarschönes Wasserbecken nördlich von Bergen; dort sollten hydrographische und zoologische Untersuchungen vorgenommen werden. Ich speziell hoffte, dort Larven von Gadusarten zu erhalten, die mir über den ersten Zeitpunkt der Infektion mit Myxosporidien Auskunft geben konnten.

»Togo« ist ein merkwürdiges Schiff. Bei 11 m Länge und $3^1/_2$ m Breite birgt es in sich einen Raum, der fast nicht ausgefüllt werden kann. Mit der Besatzung waren wir 9 Mann an Bord! und trotzdem hatten wir gemütlich Platz. Es muß vom Land aus höchst erstaunlich ausgesehen haben, wenn aus der Luke ein Mensch nach dem anderen auftauchte, bis die Zahl 9 erreicht war, und dem Unbefangenen mag sich der Eindruck aufgedrängt haben, daß es unter Deck etwa wie in einer gefüllten Heringstonne zugehe; aber weit gefehlt; Mittagessen, Nachmittagskaffee, Abendbrot und Frühstück vereinte uns alle in der winzigen Kabine, und ich habe selten so gemütliche Stunden verlebt, wie gerade hier. Selbst für »Kunstgenüsse« war gesorgt, denn »Togo« besitzt auch ein Grammophon, und oft ertönte Carusos Stimme über das Wasser hin, und abends gaben wir den am Ufer versammelten Bewohnern der Dörfer Freikonzerte. Leider verliefen die schönen Tage im Mo- und Osterfjorde nur zu schnell; die zoologischen und hydrographischen Untersuchungen waren beendet; die Ausbeute war befriedigend, hatte ich doch eine ganze Anzahl Fischlarven bekommen. Am 29. Mai trafen wir wieder in Bergen ein und hier erwartete uns eine freudige Überraschung; »Armauer Hansen« war wenigstens in den Wohnräumen fertig, so daß Helland und ich sofort an Bord übersiedeln konnten. Helland bezog die Backbordkabine, während ich es mir im Salon bequem machte und zwar in der oberen Koje; dies war für mich wichtig, denn ich sollte diesen Platz für die ganze Dauer der Reise behalten und zur See gilt der Grundsatz, immer möglichst hoch über anderen Personen sich aufzuhalten, damit nicht unsichere Kantonisten einem eine »Bescherung von oben« bereiten

können. Die erste an Bord verbrachte Nacht zeigte uns, daß die Betten sehr gut und bequem waren und man mit Ruhe in die Zukunft blicken konnte. Ferner hatte die Fahrt mit »Togo« uns einander schon näher gebracht; der Koch hatte seine Kunst zu aller Befriedigung gezeigt, so daß wir in bezug auf unser leibliches Wohl unbesorgt sein konnten; und als Wichtigstes fanden wir, daß wir wissenschaftlichen Expeditionsteilnehmer gut zueinander paßten. Dieses Resultat war sehr zu begrüßen, denn wenn man viele Wochen auf einem kleinen Schiff nur auf sich und einige wenige andere Menschen angewiesen ist, denen man in keiner Minute aus dem Weg gehen kann, so ist es erste Bedingung, daß alle miteinander harmonieren, sonst kann einem der Aufenthalt an Bord zur Hölle werden, und die Arbeiten müssen unter solch gespannten Verhältnissen natürlich leiden.

Woche auf Woche verstrich, wir lagen einmal an dieser, dann an jener Werft; nach und nach wurde alles fertig und als dann endlich auch die Ketten und Zahnräder zur großen Winde eintrafen, war der spannende Augenblick nicht mehr fern, wo zum ersten Male der Motor zum Treiben der großen Winde in Gang gesetzt wurde. Alles wollte natürlich möglichst gut sehen, und der Maschinenraum war voll Leute. Da sprach Lien, unser erster Maschinist, ein Machtwort; einer nach dem andern wurde hinausgeworfen, nur er blieb allein zurück; oben an Deck standen wir alle um die Winde herum, während unter uns der leerlaufende Motor rumorte; da, plötzlich ein stärkeres Rasseln und langsam aber sicher setzt sich die große Trommel in Bewegung; die schwerste Frage war gelöst, unserer Abfahrt stand nun nichts mehr im Wege. Wer wird es uns verdenken, wenn wir dieses Ereignis zusammen mit den Ingenieuren der Werft durch einige Flaschen Champagner in festlicher Art würdig begingen. Wir konnten jetzt den Tag unserer Abfahrt auf den 26. Juni festsetzen. Vorher aber mußte noch eine größere Probefahrt unternommen werden, um auch die neuen Winden bei der Arbeit zu erproben. Da wir nicht wissen konnten, ob bei den Versuchen auch alles glatt gehen würde, suchten wir uns als Ziel der Probefahrt einen Platz aus, der bei genügender Wassertiefe ein ruhiges, durch Witterung nicht beeinflußtes Arbeiten gestatten würde. Unsere Wahl fiel auf den schönen Sognefjord, der von Bergen aus leicht und schnell zu erreichen ist und im mittleren Teil Tiefen bis zu

etwa 1100 m aufweist, die für unsere Zwecke vollkommen genügten. Verschönt wurde die Aussicht auf dieser Probefahrt noch dadurch, daß Nansen, der sich für unser neues Schiff und seine Einrichtungen sehr interessierte, an derselben Teil nehmen sollte.

Am 21. Juni nachmittags wurde das Schiff allmählich klar zur Abfahrt; allerdings sah es an Deck noch sehr ungemütlich aus, aber als wir dann um 7 Uhr loswarfen, und in den Fjord dampften, war auch hier in überraschend kurzer Zeit Ordnung geschaffen. Die wissenschaftlichen Teilnehmer dieser Probefahrt waren: Helland Hansen, Prof. Nansen, Birkeland, Assistent Gaarder, Ameln und ich selbst. Bei prachtvollem Wetter fuhren wir durch die schönen Fjorde und blieben noch lange an Deck in gemütlichem Gespräche beieinander.

Der nächste Tag, ein Sonntag, fand uns im Sognefjord; strahlende Sonne überflutete die Landschaft und spendete sommerliche Wärme, die uns bald zwang unser Sonnensegel auszuspannen; gegen Mittag kam Balholm in Sicht, und hier ankerten wir in einer kleiner Bucht. In primitiver Weise wurde an Deck ein Tisch aufgeschlagen und bald konnten wir uns an den Künsten unseres Koches erlaben, der zur Feier des Tages ein ganz besonderes Festmahl hergerichtet hatte. Den Nachmittag verbrachten wir mit Spaziergängen an Land, einer kleinen Motorbootfahrt auf dem Fjord und einem erfrischenden Bade, zu dem Nansen die Anregung gab.

Abends gegen 6 Uhr wurde mit der Arbeit begonnen. Vor Balholm senkt sich der Boden des Fjords bis zu ca. 1100 m Tiefe herab, und hier machten wir den ersten Versuch mit dem großen Trawl. Das große, schwere Netz, das über den Grund hingleitet, wurde mit 2000 m Stahltrosse ausgesetzt. Nach dem Nachtessen wurde mit dem Einholen begonnen. Dabei zeigte es sich, daß die große Winde ausgezeichnet arbeitete, daß aber noch einige unbedeutende Veränderungen an ihr vorzunehmen sein würden. Um $^1/_2$12 Uhr nachts kam das Trawl wieder an Deck; das Netz war in Unordnung geraten, hatte aber doch gut gefangen; es enthielt u. a. sehr viele Angehörige der Spezies *Munida tenuimana*, einer Tiefseekrustacee mit schön leuchtenden Augen, eine ganze Anzahl Holothurien (*Stichopus tremulus*), einige prachtvolle Quallen (*Periphyllia hyacinthina*) und vieles andere mehr. Ich konservierte den ganzen Fang in 4%igem Formol und übergab ihn später

Bergens Museum. Hochbefriedigt von den Ergebnissen dieses ersten Arbeitstages begaben wir uns endlich gegen 1 Uhr zur Ruhe. Bei mir wollte allerdings der Schlaf nicht so bald kommen, denn ein liebliches Schnarchquintett umgab mich. In der Kapitänskabine sägte der Steuermann mit rührendem Eifer knorriges Eichenholz, unter mir bemühte sich Ameln, ihm in keiner Weise nachzustehen; in der Backbordkabine lag Nansen, der zwar nach seiner eigenen Aussage nie schnarcht, aber für diese Nacht, vielleicht angesteckt durch das böse Beispiel, hiervon eine Ausnahme machte, und aus dem Laboratorium endlich kam gleich noch der Klang eines Duetts von Helland und Birkeland! Wann wird einmal ein sicheres Mittel gegen diese Tugend gefunden, ein sicher wirkendes Antischnarchol! Ich besaß ein solches Mittel, konnte es aber leider nicht immer anwenden.

Schon um 7 Uhr am anderen Morgen waren wir aus den Federn. Heute sollten Versuche mit den Planktonnetzen und den hydrographischen Apparaten angestellt werden. Es klappte alles vorzüglich. Ein Planktonnetz brachte eine Unmenge kleiner Rippenquallen (Ctenophoren) herauf, und die Ozeanographen hatten alle Hände voll zu tun, so schnell lieferte die neue Motorwinde das Material an Deck. Hier war die Hauptfrage die gewesen, ob sich die Winde beim Einholen der Instrumente genügend rasch würde stoppen lassen, denn das ist von Wichtigkeit, einmal damit die Apparate nicht gegen den Davit geschleudert werden, der das Motorrad trägt und dann, damit bei hohem Seegang nicht eine anlaufende Welle die Instrumente im Augenblick, wenn sie aus dem Wasser kommen, an der Bordwand zerschlägt. Wir fanden nun, daß bei geschickter Handhabung die Winde augenblicklich still steht, und da Armauers Freibord nur etwa 1 m beträgt, so ist die Gefahr nur sehr gering im Vergleich zu einem größeren Schiff mit hochliegendem Deck. Tatsächlich ist uns denn auch ein derartiger Unfall nie passiert, trotzdem wir draußen im Ozean oft bei sehr schlechtem Wetter arbeiten mußten.

Nachmittags gegen 4 Uhr lagen wir für kurze Zeit an der Landungsbrücke von Balholm und wurden dort natürlich sofort von wissensdurstigen Touristen geentert. Besonders auf Nansen war es abgesehen; aber der war verschwunden. Welcher Raum des Schiffes ihn aufgenommen hatte, weiß ich bis heute noch nicht,

als wir dann aber um 5 Uhr abfuhren, war er plötzlich wieder da. Der Himmel hatte sich mit schwarzen Wolken bezogen, und es schien, als ob ein heftiges Gewitter im Anzuge sei; aber es war falscher Alarm; bald klärte es sich wieder auf und abends hatten wir wieder prachtvolles Wetter zur Heimfahrt. Die Probetour hatte ausgezeichnete Resultate geliefert und daher durften wir uns auch abends einen ordentlichen Griff in unseren »Weinkeller« gestatten. Die Stimmung war glänzend und erst spät begaben wir uns zur Ruhe.

»Ja, wollen denn die Herren den ganzen Tag schlafen?« war das erste, was wir am kommenden Morgen so gegen 9 Uhr vernahmen. Die gewichtige Frage kam aus Nansens Mund, der im tiefen Negligée in seiner Kabinentür stand und voll Staunen auf uns andere Schläfer blickte. Bald waren wir alle munter, nur unser »Generaldirektor« Helland macht morgens immer einige Mühe beim Wecken, denn da schläft er am besten und selbst Segelmanöver direkt über seinem Kopfe, Hammerschläge gegen die Bordwand direkt an seinem Ohr, sollen, wie böse Menschen behaupten, oft keine Wirkung haben. Endlich saßen wir alle beim Frühstück und gegen 10 Uhr warfen wir wieder in Bergen Anker. Nansen reiste bald darauf wieder nach Kristiania und uns blieb der Rest des 24. und der 25. und 26. Juni noch zu Vorbereitungen für die eigentliche Expedition. Die Änderungen an der großen Winde wurden zur richtigen Zeit fertig und so konnten wir denn am 25. abends bei Hellands Freund Nordahl Olsen Abschied feiern.

Der 26. Juni brachte noch gehörig Arbeit. Es galt, alle Gegenstände im Laboratorium seetüchtig verstauen, denn daß Armauer nicht immer ruhig und unbeweglich im Wasser liegen würde, wußten wir schon. Endlich gegen Abend war alles klar, mit Ausnahme des Ankers, der sich in der Kette eines anderen verankerten Schiffes verwickelt hatte; nach einer Arbeit von 2 Stunden war auch endlich dieses Hindernis beseitigt, die große Fahrt hatte begonnen. Vorläufig sah es allerdinge noch nicht sehr ernst aus. Eine ganze Reihe guter Freunde war noch an Bord und aß mit uns zu nacht; sie kehrten später mit dem Motorboot der Station nach Bergen zurück und erst spät kamen wir zur Ruhe.

Nur kurzer Schlaf war uns beschieden. Der Morgen des 27. Juni nahte mit all seinen Schrecken. Ich erwache gegen 4

Uhr mit dem Gefühle, daß mich jemand mit Gewalt aus dem Bett werfen will; zugleich hatte die Hölle alle ihre Wohlgerüche ausgespieen! Das Schiff ist aus dem Fjord ins freie Wasser hinausgekommen und ist gerade richtig in einen lieblichen Südweststurm hineingelaufen. Durch die heftigen Schwankungen wird das Bodenwasser, das sich in jedem Holzschiffe findet, aufgewühlt und sendet seinen Fäulnisgestank durchs ganze Schiff. Wenn man 1000 faule Eier auf einmal in einem engen Raume zerschlagen würde, hätte man doch nur annähernd einen Begriff von dem Gestank an Bord, man muß sich noch den Duft von Petroleum, Maschinenöl und sonstigem dazu denken. »Nein, das soll der Teufel aushalten.« Ich turne mit Lebensgefahr aus meiner Koje und werde nun beim Ankleiden wie bei einem Indianertanz im ganzen Salon herumgewirbelt, Stiefel und Kleidungsstücke müssen mit viel List eingefangen werden; endlich bin ich soweit fertig, um einen Blick an Deck werfen zu können. Dabei interessiert es mich merkwürdigerweise ganz besonders, wann ich nun seekrank werde, ein Zustand, den ich bisher nur vom Ansehen kannte. Dieses Mal aber packt es mich doch auch, d. h. Neptun fordert einige substanzielle Opfer, aber zu meinem Vergnügen merke ich, daß ich über meinen Zustand ganz zufrieden philosophieren kann und eigentlich gar keine nennenswerten Schmerzen habe. An Deck ist es recht ungemütlich; an freies Stehen ist nicht zu denken; man muß sich irgendwo festhalten, dazu kommt Spritzwasser über und es regnet. Aber ein Vergnügen ist's doch, unser Schiff im Sturm zu sehen und deshalb halte ich auch 2 Stunden oben aus. Die schwersten Seen werden spielend von Armauer genommen und keine einzige Sturzwelle kommt an Deck. Der Motor ist gestoppt und wir fahren nur mit kleinen Segeln, kommen aber doch gut vorwärts. Allmählich wird's oben aber doch zu ungemütlich, und so turne ich dann langsam wieder hinunter. Der Gestank hat sich glücklicherweise verzogen; er hält nie lange an. Ameln und Johnsen sind scheußlich seekrank, Helland und Birkeland sind schläfrig und rühren sich kaum. Da unsere Arbeit erst hinter Stornoway beginnt, habe ich auch nichts zu tun und besteige meine Koje wieder, nachdem ich einige Vorsorge getroffen habe, daß ich nicht hinausfliegen kann. Darauf bin ich eingeduselt und habe fast den ganzen Tag und die folgende Nacht ohne Unterbrechung wie ein Dachs geschlafen, mit Ausnahme

einiger kleiner Episoden, die durch Opfer an Neptun ausgefüllt waren, die mich aber nicht weiter behelligten. Ich konnte vielmehr mit Vergnügen feststellen, daß meine Seekrankheit sich in gemütlicher Weise äußerte und sich jedenfalls bei einigem Zwang zu Arbeit bald verkrochen hätte.

Am 28. war das Wetter etwas besser, wenn auch die See noch recht hoch ging. Helland, Birkeland und ich sind wohlauf und lassen uns das Frühstück prächtig schmecken. Von unserem Steward ist nichts zu sehen und zu hören, Harald und Wilhelm bemühen sich, unsere Mägen zu befriedigen; sie erzählen uns auch, daß der Steward seekrank vorn im Mannschaftsraum liegt. Um meinen Körper wieder ins richtige Gleichgewicht zu bringen, übernehme ich von 10—12 Uhr den Dienst am Steuer; das ist bei hoher See eine ganz hübsche Arbeit und ist etwa mit einer gleichlangen gymnastischen Übung zu vergleichen, denn jede See will das Fahrzeug aus dem Kurs werfen, und das darf natürlich nicht sein; deshalb muß das Rad unaufhörlich bald nach Backbord, bald nach Steuerbord gedreht werden.

In der Nacht vom 28. auf den 29. passieren wir Sumburghhead, die Südspitze der Shetland-Inseln; als wir gegen 10 Uhr an Deck kommen liegt Fair Isle hinter uns; wir sind im atlantischen Ozean angelangt. Das Wetter ist schön, aber es steht noch eine ziemlich hohe Dünung; später passieren wir das Light Flash Feuer auf den Orkney Inseln und setzen den Kurs W.S.W. auf die Hebriden. Johnsen hat sich nun auch erholt, während Ameln und der Steward noch immer krank sind; unsere beiden Matrosen haben wahrhaftig viel zu tun, sie müssen die Seemannsarbeiten verrichten und dazu auch noch kochen; aber sie sind ihrer Aufgabe gewachsen und erfreuen uns durch eigenartige aber gute Gerichte, wie z.B. süßen Haferschleim mit Apfelsaft, eine Spezialität Haralds. Der Koch aber bekommt keine so guten Sachen; Kapitän Wilhelmsen braut ihm einen Teufelstrank, der ihn kurieren soll; ich will diese Medizin doch zum Nutzen anderer Seekranker hier bekannt geben: Man nehme ein großes Wasserglas und fülle es halb mit Rizinusöl; dann fülle man mit Kamphertropfen auf, mische etwas Petroleum bei und »versüße« das Ganze mit Apfelsaft! Es ging das Gerücht, daß der Steward dieses Gemisch erst nach langem und eindringlichem Zureden geschluckt habe; geholfen hat es ihm nicht, aber auch merkwürdigerweise nicht geschadet.

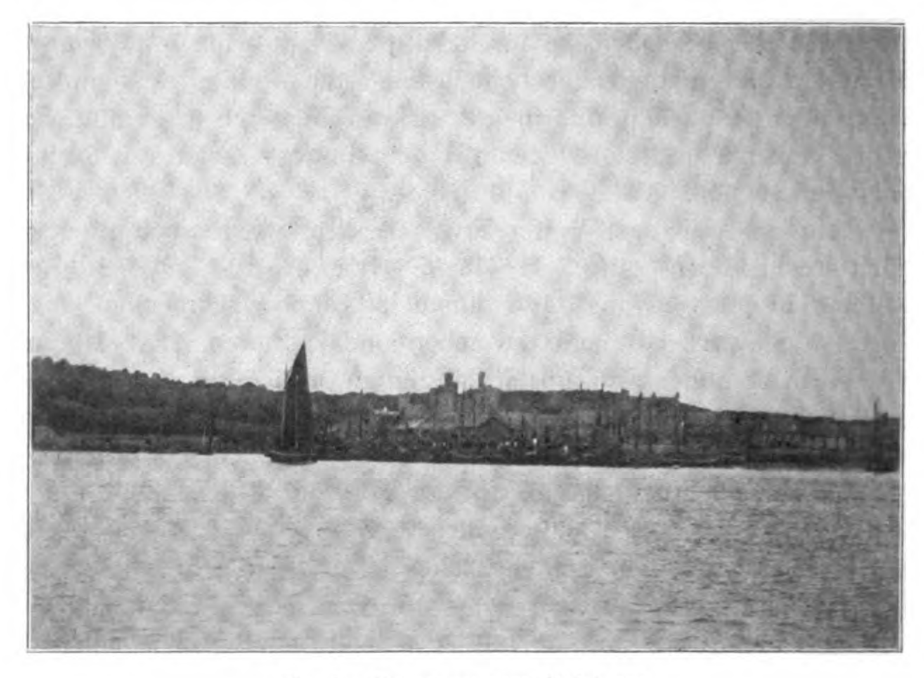


Fig. 8. Stornoway vom Hafen aus.

Das Wetter besserte sich nach und nach immer mehr, und als wir am 30. vorm. an der schottischen Westküste hinfuhren, war prachtvoller Sonnenschein und ruhige See, so daß auch die armen Kranken endlich erschienen, allerdings nur noch als Schatten früherer Blüte. Abends um 7 Uhr warfen wir im Hafen von Stornoway auf den Hebriden Anker. Die Stadt, welche ein paar tausend Einwohner zählt, macht einen typisch englischen Eindruck. Besonders beliebt scheinen als Verzierung die Chimney-pots zu sein, die an allen möglichen und unmöglichen Stellen angebracht sind. Birkeland zählte deren an einem kleinen Hause über 20; in ebenso großer Anzahl sind Kirchen vorhanden. Uns interessierte besonders die Flotte der Heringsfischer, die nachmittags ausläuft und am darauffolgenden Vormittag zurückkommt. Der Fang wird teils von Fischdampfern und teils von eigentümlich gebauten aber eleganten Segelbooten besorgt. Für alle hatte das Land insofern Interesse, als wir hier Post von zu Hause vorfanden und die letzten Nachrichten vor der großen Fahrt an unsere Angehörigen senden konnten. Für Ameln endlich hatte der Ort noch weitere Bedeutung; er wurde hier zurückgelassen, um für mich möglichst viele Küstenfische als Vergleichsobjekte zu meinem nor-

wegischen Material zu sammeln. Irgend etwas von Bedeutung erlebten wir an Land nicht. An Bord hingegen wurde noch eifrig gearbeitet; die Maschinisten nahmen den Motor auseinander, um ihn nochmals gründlich zu reinigen; im Raum wurde die Ladung neu gestaut; endlich wurde noch möglichst viel frischer Proviant eingenommen. Am Abend des 2. Juli wurde Armauer an den Quai verholt, um die Tanke alle mit Süßwasser nachzufüllen. Außer der Mannschaft waren nur noch Birkeland und ich an Bord. Da kommt Kapitän Wilhelmsen verzweifelt ins Laboratorium, gefolgt vom englischen Quaiaufseher. Wilhelmsen spricht nur norwegisch und der Aufseher nur englisch; da ist eine Verständigung schwer, und deshalb wurden wir zu Hilfe gerufen. Uns sowohl wie Wilhelmsen wird zunächst klar, daß der Mann Durst hat, aber nicht nach Wasser; deshalb rückt Birkeland gleich mit der Whisky- und ich mit einer echten Schwarzwälder Kirschwasserflasche ins Gefecht. Das imponiert der hohen Behörde gewaltig, und abwechselnd spenden wir unsere Genüsse. Was der gute Mann aber sonst noch will, bleibt uns unklar; sein Englisch ist Dialekt und wird durch vorher schon verstaute Alkoholika noch schwieriger, uns versteht er gar nicht. Drum lassen wir

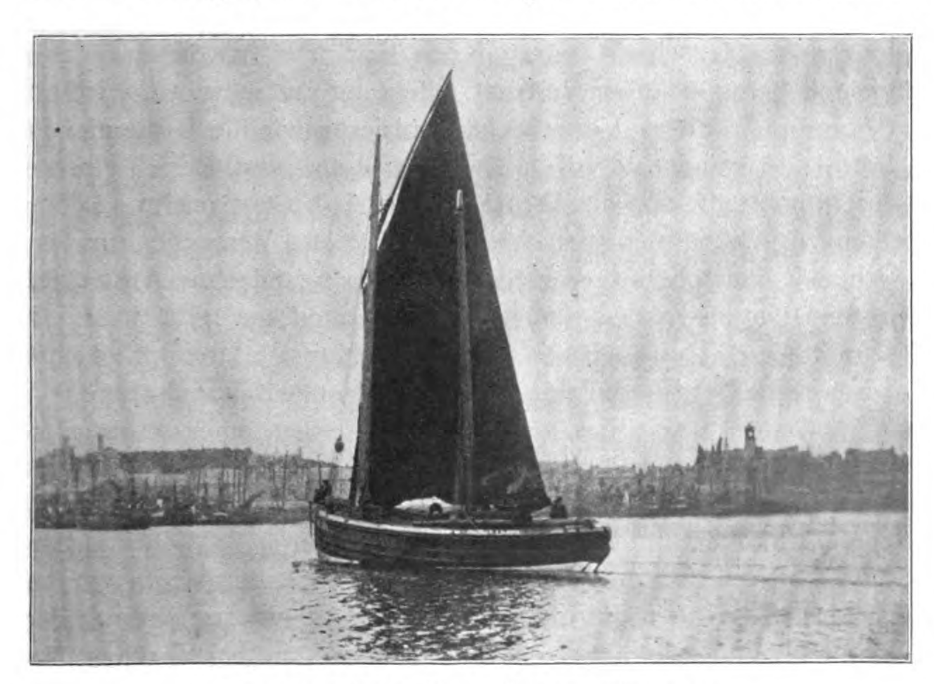


Fig. 9. Englischer Heringsfischer in Stornoway.

ihn einfach trinken und sorgen dafür, daß alle Tanke gut mit dem sogen. Trinkwasser gefüllt werden, einer Flüssigkeit, die in natürlichem Zustande schon braun ist, wie starker Tee. Als dieses Geschäft besorgt ist, wobei alle unsere Kabinen zu $^3/_4$ unter Wasser gesetzt sind, regt sich auch unser Mann wieder und heischt Bezahlung und zwar für mehr, als wir überhaupt Platz in den Tanken haben. Wilhelmsen spricht norwegisch und wird auch endlich mit ihm fertig; um $^1/_2$ 1 Uhr schließt dann diese denkwürdige Episode, und wir kommen ins Bett.

Die definitive Abfahrt ist auf den Vormittag des 3. Juli festgesetzt. Es ist auch alles bereit; Ameln hat sich verabschiedet und soll an Land gesetzt werden; der Motor ist klar zum Anlaufen. Da taucht der Steward aus der Küche auf und spricht einige Worte mit Helland, worauf dessen Gesicht lang und länger wird. Was los ist, sollen wir bald erfahren. Unser guter Koch fühlt sich noch nicht gesund genug, um die große Tour mitzumachen und verlangt an Land ins Spital zu kommen. Allgemein großes Erstaunen und wenig Gegenliebe! Aber was hilft's. Helland und Johnsen fahren mit an Land, um die Aufnahme ins Spital zu veranlassen und nach Ersatz zu suchen.

Birkeland und ich bleiben an Bord zurück. Da sehr wenig Aussicht ist, hier einen andern Koch zu finden, machen wir uns schon mit dem Gedanken vertraut, allein auf uns selbst angewiesen zu sein, und in dieser Voraussicht inspizieren wir die vorhandenen Vorräte und stauen sie so, daß wir sie stets gut finden. Unsere Befürchtung trifft zu; als Helland und Johnsen nachm. 4 Uhr endlich zurückkommen, erfahren wir, daß alle Versuche umsonst waren, wir müssen unsere Reise ohne Koch und ohne Aufwärter antreten, d. h. also: »Ade alle Bequemlichkeit; es gibt jetzt ein Zigeunerleben!« Daß die Reise schon an und für sich für empfindsame Naturen kein Vergnügen sein würde, wußten wir von Anfang an; man muß auf so manches verzichten, das einem sonst unentbehrlich erscheint. So ist allein schon die Frage des täglichen Waschens schwierig. Wir müssen mit einer Abwesenheit von 4 Wochen rechnen, es können im ungünstigsten Falle aber auch 6—8 Wochen daraus werden. Da heißt es mit dem Süßwasser sparen und an Waschen mit solchem ist nicht zu denken. Seewasser nimmt aber bekanntlich den Schmutz nicht fort, selbst nicht bei Verwendung sogen. Seewasserseife; die Wascherei ist also nur eine Illusion und

wir haben sie oft ganz bleiben lassen. Zum Rasieren leisteten sich einige von uns alle 8 Tage ein kleines Rasierbecken voll Süßwasser, und dieses wurde dann nachher noch zum Waschen des Gesichtes und der Hände benutzt; man sieht daraus schon, sauber waren wir nicht gerade, aber es war eben nicht anders zu machen.

Zu diesen körperlichen Unbequemlichkeiten kam nun durch die Abwesenheit unseres Stewards noch manches hinzu. Es war bestimmt worden, daß Harald und Wilhelm kochen sollten; würden diese uns nun für die ganze Zeit mit ihren Künsten genügen? Durch diese neue Aufgabe waren aber beide jetzt so sehr mit Arbeit versehen, daß sie unter keinen Umständen noch mehr aufgebürdet bekommen konnten, und so blieb denn die Aufgabe der Reinhaltung unserer Wohnräume, das Auf- und Abschlagen der Betten usw. uns selbst überlassen. Man sieht, daß unsere Aussichten nicht gerade glänzend waren; es winkte neben der wissenschaftlichen Arbeit noch manche Pflicht, die nicht jedermanns Sache ist, aber trotzdem war die Stimmung an Bord vorzüglich; wir alle waren froh, fortzukommen, und mit gutem Willen und einigem Humor kann man, wenn auch nicht alles, so doch vieles ertragen.

Nachmittags halb 5 Uhr des 3. Juli wurden endlich die Anker gelichtet, und wir schickten uns an, dem Anblick des Landes für einige Zeit Lebewohl zu sagen. Das Wetter hatte sich inzwischen verschlechtert und bei strömendem Regen glitten wir aus dem Hafen. Draußen im Kanal zwischen Schottland und den Hebriden sichteten wir die dreieckige Rückenflosse eines Fisches, die sich nur ganz langsam bewegte; bei näherer Besichtiguug stellten wir die Diagnose auf einen Mondfisch *(Orthagoriscus mola)*, ein eigentümliches Tier mit merkwürdig gebautem Körper. Leider hatten wir keine Harpune an Bord, um den Fisch zu erbeuten. Da das Wetter andauernd schlecht blieb, gingen wir bald unter Deck und verbrachten den Abend mit Lesen, Plaudern und Kartenspielen. Letzteres Spiel nahm unheimlich überhand, und leider muß ich bekennen, daß ich der Urheber war. Die einzigen Spiele, die ich kann, sind Sechsundsechzig und eine Patience. Ersteres Spiel kannte Helland auch, und oft vertrieben wir beide uns die Zeit damit; die Patience aber wurde Gemeingut und Landplage und häufig konnte man Helland, Birkeland und mich (Johnsen spielte nie sondern schlief) abends am Tische sitzen und eine

Patience nach der andern legen sehen; es wurden da merkwürdige Dauerrekorde aufgestellt.

Wollte ich den weiteren Verlauf der Reise in gleicher Ausführlichkeit weiter schildern, so würde dieser Bericht zu umfangreich werden, ich muß mich daher begnügen, in großen Zügen unsere Erlebnisse zu erzählen.

Am 5. Juli morgens kamen wir in Sicht von St. Kilda, einer kleinen Gruppe von Felseninseln westlich der Hebriden. Hier sollte nun die eigentliche Arbeit beginnen, und es wurden daher einige Netze in 75 m und 50 m Tiefe ausgesetzt; das Resultat des Fanges dieser Station Nr. 1 waren im wesentlichen Crustaceen. Von St. Kilda setzten wir Kurs auf Rockall, einen kleinen Felsen, der etwa 20 m aus dem Ozean herausragt; der Fels krönt ein ausgedehntes Plateau, das teilweise nur wenige Meter unter dem Wasserspiegel liegt und deshalb für die Schiffahrt gefährlich ist. Nachts steigerte sich der Wind abwechslungsweise einmal wieder zu einem kleinen Sturm, der uns zwang, nur mit gerefften Segeln zu fahren (der Motor wurde in Zukunft fast nur bei den Arbeiten gebraucht); das störte uns aber weiter nicht, nur insofern hatte er Bedeutung, als mitten in der Nacht die Wanduhr im Salon mit furchtbarem Krach heruntersprang und wie rasend im ganzen Raum herumsauste; wollte ich Ruhe haben, so mußte ich auf die Jagd gehen, und es gelang mir auch endlich, den Störenfried einzufangen; ich nahm ihn zur Sicherheit mit ins Bett, denn von hier aus konnte er wenigstens keinen Schaden mehr anrichten.

Die folgenden Tage sollten Untersuchungen des Meeres über dem Rockall-Plateau gewidmet sein. Am Vormittag des 7. Juli wurden mit den Nansen'schen Wasserschöpfern aus verschiedenen Tiefen Wasserproben zur chemischen Untersuchung heraufgeholt und zugleich mit Umkippthermometern die Temperaturen gemessen. Nachmittags wurde das Rettungsboot ausgesetzt und über einer Tiefe von ca. 300 m vorn und achter mit 2 Stahltrossen verankert, so daß es ganz fest lag; Helland, Birkeland und Olsen befanden sich in demselben, um Strommessungen vorzunehmen. Wir anderen beneideten sie nicht um diese Arbeit, denn sie sollten ununterbrochen 24 Stunden im Boot bleiben, um alle Arbeiten auszuführen. Das Wetter war nicht prima, die See leicht bewegt, und das Boot leckte einigermaßen, so daß alle halbe Stunde das eingedrungene Wasser ausgeschöpft werden mußte. Unser Schiff

kreuzte während dessen immer in Sicht des Bootes, jedoch war dieses auch mit Proviant und Wasser für mehrere Tage ausgerüstet für den Fall, daß wir den Zusammenhang mit ihm verlieren sollten.

Wir an Bord benutzten unterdessen die Zeit zu anderen Arbeiten. Abends setzten wir in 300 m eine Langleine (Grundangel) mit 400 mit konservierten *Clupea sprattus* geköderten Angelhaken aus, um Grundfische zur Untersuchung zu bekommen. Die Lage der Leine wurde durch 2 Bojen gekennzeichnet. Abends wurde das Wetter unfreundlicher, und wir gedachten der 3 draußen im offenen Boot, froh, an Bord zu sein, und krochen gegen 11 Uhr in unsere Kojen.

Schon um 4 Uhr am nächsten Morgen wurden wir durch großen Lärm an Deck geweckt. Es war inzwischen eine sehr kräftige Brise aufgesprungen und ein weiteres Verbleiben im Boote unmöglich. Hungrig, müde und bis auf die Haut durchnäßt, kamen die Ozeanographen wieder auf's Schiff, stärkten sich mit etwas Schiffszwieback und begaben sich dann zur Ruhe. Jetzt begann für uns Zoologen die Arbeit. Nachdem mit großen Schwierigkeiten das Rettungsboot in dem hohen Seegang wieder geheißt war, ging es auf die Suche nach unserer Leine, und nach einiger Zeit waren wir auch so glücklich, die eine Boje zu sichten. Angetan mit unserem Ölzeug standen wir an Deck um die gefangenen Fische gleich in Empfang zu nehmen und zu verarbeiten. Die Ausbeute war gut; sie bestand aus 52 *Acanthias vulgaris*, 19 *Pristiurus melanostomus*, 3 *Molva vulgaris* und 3 *Brosmius brosme*. Es kostete viele Mühe im Regen und bei sehr stark schwankendem Schiffe aus diesen Fischen die Gallen- und Harnblasen herauszupräparieren und sie auch sonst zu untersuchen. Nach und nach stellte sich auch Hunger ein, denn wir waren seit 4 Uhr morgens tätig, hatten noch nichts im Magen, und inzwischen war es 3 Uhr nachmittags geworden. Endlich um 4 Uhr waren die Ozeanographen wieder munter und ein gutes Mittagsmahl entschädigte uns für alle Strapazen. Die Untersuchungen auf der Rockall-Bank wurden als Station Nr. 2 bezeichnet.

Da das Wetter andauernd schlecht und stürmisch blieb, war hier an weitere Arbeiten nicht zu denken, und so setzten wir den Kurs westlich. Der nächste Tag, der 9. Juli, fand uns auf 56° 41′ n. B. und 17° 8′ w. L. Zur Feier des Geburtstages unseres Groß-

herzogs wusch ich mich morgens mit Süßwasser und rasierte mich; das Schiff hatte Flaggenschmuck angelegt. Im übrigen hatten wir unser gewöhnliches Wetter, Regen und Sturm, so daß wir nur mit doppelt gerefftem Großsegel und einfach gereffter Fock und Besan fahren konnten. In ähnlicher Weise ging es in den folgenden Tagen weiter. Das ungünstige Wetter konnte uns allerdings am Arbeiten nicht abhalten; am 9. Juli hatten wir Station 3, am 10. Juli Station 4, die uns die ersten echten pelagischen Fische lieferten, am 11. Juli Station 4a und vom 12. auf den 13. sollte bei Station 5 (ca. 55° 38′ n. B. und 22° w. L.) ein ganz großer zoologischer Fang ausgeführt werden. Eine Lotung mit dem »Lukas« ergab 2807 m Tiefe und es wurden nun ausgesetzt: mit 3500 m Leine ein Tobisvad; mit 2000 m Leine ein Planktonnetz von 1 m Durchmesser, mit 1500 m Leine ein Tobisvad, mit 1000 m Leine wieder ein Planktonnetz, mit 600 m Leine ein Tobisvad, mit 300 m Leine und an der Oberfläche noch je ein Planktonnetz. Alle freuten wir uns auf das Heraufkommen des interessanten Fanges, aber Wilh. Busch sagt ja schon: »Dieses Mal, wie überhaupt, kommt es anders als man glaubt.« Wir saßen im Salon beim Grog und legten Patience. Helland ging einige Minuten an Deck, um nachzusehen, ob mit den Netzen alles in Ordnung wäre; da kommt er aber auch schon ganz still wieder herunter und verkündet, daß beim Auslassen der letzten 20 m Stahltrosse der Wirbel, welcher die außenbords befindlichen 3500 m Trosse mit den letzten 1500 m auf der Trommel der großen Winde verband, gebrochen ist, und damit diese 3500 m Stahltrosse mit allen Netzen in die Tiefe gesunken und auf immer verloren sind. Das war ein harter Schlag für uns. Abgesehen von dem finanziellen Verlust, der immerhin einige tausend Kronen ausmachte, hatten wir damit die Möglichkeit verloren, in sehr großen Tiefen zu fischen. Es blieben uns nur noch 1500 m Leine, die Fischzüge bis zu 12 oder 1300 m gestatten würde. Die Ursache des Bruches muß in einem Fehler des Wirbels gelegen haben, denn die liefernde Firma hatte für eine viel größere Zugfestigkeit garantiert, als durch den Zug der Netze verursacht worden war. Und bei allem hatten wir doch noch Glück im Unglück! Die Trosse brach unter Wasser, im Augenblick als Helland an Deck stand; wäre der Bruch an Deck erfolgt, so würde er jedenfalls durch das zurückschnellende lose Ende totgeschlagen worden sein oder hätte doch wenigstens einige

Knochenbrüche davongetragen. Traurig und niedergeschlagen gingen wir an jenem Abend zu Bette; aber unsere Devise war: »Ja nicht unterkriegen lassen«, und ihr treu hielten wir am nächsten Morgen Kriegsrat, was jetzt weiter zu tun wäre. Wir hatten zu unseren Fängen noch 1500 m Trosse, das große Trawl, 2 Tobisvad und eine große Zahl Planktonnetze; mit diesem Material konnten wir weiterarbeiten und auch alle pelagischen Oberflächen- und Tiefseefische erbeuten, da vom Boden bis ca. 600 m von der Oberfläche die Fauna ziemlich gleichartig ist; nur die eigentlichen Grundfische waren für uns nun nicht mehr erreichbar, aber diesen Verlust konnten wir verschmerzen, da die Boden-Fisch-Fauna nur eine recht spärliche ist. Jedenfalls können wir auch mit unseren Fangresultaten nach dem großen Unglück recht zufrieden sein. Die Netzanordnung wurde in Zukunft so getroffen, daß wir in 1300 m ein Tobisvad, in 1000, 600, 150 und 10 m je ein Planktonnetz hatten. Das Aussetzen der Netze dauerte etwa 2 Stunden; ebensoviel Zeit erforderte das Einholen; die Dauer des Schleppens schwankte, meist betrug sie 6—8 Stunden; es wurden Tages- und Nachtfänge unternommen.

Noch ein Umstand machte sich durch den Verlust der Stahltrosse bemerkbar, der unter Umständen hätte ungemütlich werden können. Unsere Kompasse zeigten nicht mehr richtig. Sie waren korrigiert worden, als alle Trosse an Bord war, und nun wurden sie durch die Abwesenheit so großer Eisenmassen etwas toll; aber dank der Geschicklichkeit von Kapitän und Steuermann erwuchs uns auch hieraus keine Gefahr, und wir sind später ganz genau wieder an unseren Ausgangspunkt, St. Kilda, zurückgekommen, trotzdem wir während 8 Tagen keine astronomischen Beobachtungen machen konnten.

So waren wir denn stets unter Segel bei meist schlechtem Wetter immer weiter nach Westen gekommen, so viel wie möglich arbeitend und die Fänge konservierend; am 20. Juli hatten wir einen schönen Tag mit Sonne, die uns eine Ortsbestimmung gestattete, unsere Position war 31° 7′ w. L., 55° 51′ n. B.; wir waren also schon weiter als ursprünglich bestimmt war; was sollten wir nun tun? Mit Motor und Segel hätten wir in 3 Tagen bequem Grönland erreichen können, und wir behandelten allen Ernstes die Frage, ob wir hinfahren sollten. Zuletzt siegte aber doch die Überlegung, daß wir wissenschaftlich davon nichts profitieren

könnten, denn zum intensiven Untersuchen der Meeresabschnitte bis nach Grönland hätten wir doch nicht Zeit gehabt. Darum beschlossen wir, umzukehren und den Kurs von nun an mehr nordöstlich zu halten. Bestimmend bei diesem Entschlusse waren auch die Ernährungsverhältnisse an Bord. Bei dem mit geradezu raffinierter Bosheit stets herrschenden schlechten Wetter hatten unsere Seeleute einen sehr schweren Dienst, und Harald und Wilhelm sollten dabei abwechselnd auch noch 3mal am Tage kochen; daß dabei keine großen Festmahle zustande kamen, ist klar, und nach und nach wurde uns die Kost etwas einförmig. Da faßten wir denn einen großen Entschluß. Helland und ich übernahmen, teilweise wenigstens, die Küche. Ich glaube, daß alle hierdurch gewannen. Helland war geradezu ein Künstler; aus nichts machte er die schönsten Gerichte; so fabrizierte er eines Abends Eierkuchen ohne Eier nur aus Mehl, Wasser, Milch und Zucker, und niemand würde gemerkt haben, daß der Hauptbestandteil fehlte! Meine Spezialität waren Pommes frites, aber im Verein brachten wir noch manche schöne andere Speise zustande.

So einfach war die Kocherei allerdings nicht. Die Küche ist ein kleiner Raum von ca. 1,5 m Länge und 1 m Breite; gekocht wurde nur auf Petroleum-Primus-Brennern, die in kardanischer Aufhängung hingen. Ein Primus war Tag und Nacht konstant von einem großen Kaffeetopf besetzt, denn Kaffee wurde stets und zu jeder Zeit von allen, besonders aber vom Kapitän getrunken. So blieb noch eine Flamme frei, und auf dieser mußte sich die ganze Kocherei abwickeln; ich weiß noch, wie wir geschwitzt haben, als wir eines Abends für das ganze Schiff 30 Pfannkuchen backen mußten; abends um 1/2 8 Uhr gings los und um 1/2 12 Uhr kamen wir selbst zum Essen; von 5 zu 5 Kuchen lösten wir uns ab, denn die Hitze und der Rauch waren ziemlich bedeutend. Erschwert wurde die Kocherei noch durch die starken Bewegungen des Schiffes bei dem fast anhaltenden Sturm. Mit den Füßen und dem Rücken mußte man sich irgendwo festklammern, damit man nicht hinausgeschleudert wurde, und mit den Händen konnte man rühren und schaffen, wenn man nicht gerade damit das Geschirr vor dem Hinunterfallen schützen mußte. Da ist mancher Teller und manches Glas hinübergegangen, und oft bin ich beim Kartoffelschälen zusammen mit dem Eimer und allen wild gewordenen Kartoffeln auf dem Deck herumgekugelt, natürlich

unter dem brüllenden Gelächter der anderen Leckermäuler, die wohl essen aber nicht kochen wollten. Ja, es war doch eine schöne Zeit!

31° 7′ w. L. war also unser äußerster Punkt; von hier an fuhren wir in nordöstlicher Richtung. Während Helland auf dieser westlichsten Station Nr. 10 ozeanographische Untersuchungen vornahm, hatten wir Zoologen eine interessante ornithologische Erscheinung zu verzeichnen. Unsere einzigen tierischen Begleiter draußen auf dem offenen Ozean waren bisher fast ausschließlich Sturmvögel der Art *Fulmarus glacialis* und einige große Raubmöven gewesen, deren genaue Artzugehörigkeit nicht festzustellen war; ich schoß zwar eine derselben, konnte sie aber nicht an Bord holen, da momentan kein Boot zu Wasser gelassen werden konnte. Hier nun, in einer Entfernung von mindestens 20 Längengraden vom nächsten Lande, umkreiste plötzlich ein Brachvogel *(Numenius hudsonicus?)* einigemale unser Schiff, um dann in südwestlicher Richtung zu verschwinden. Die Flügelschläge des Vogels waren regelmäßig und kräftig; er schien also nicht ermüdet zu sein. Jedenfalls war das Tier mit den westlichen Winden von Amerika zu uns hinausgekommen. Die uns begleitenden Sturmvögel waren außerordentlich vertraut; wenn wir auf den Stationen arbeitend still lagen, kamen sie wie zahme Enten bis auf 1 m ans Schiff heran und gestatteten mir so, einige gute photographische Aufnahmen von ihnen zu machen. Ganz anders verhielten sich die gleichen Arten an der Küste; hier umkreisten sie wohl in raschem Fluge das Fahrzeug, ließen sich aber nie so nahe bei ihm auf dem Wasser nieder; sie hatten wohl schon schlechte Erfahrungen gemacht.

Natürlich wurde der westlichste Punkt unserer Expedition auch durch ein entsprechendes Festmahl und einer Flasche Champagner gefeiert. Die Station 11 auf ca. 56° n. B. und 30¼° w. L. am 21. Juli lieferte auch ausgezeichnete zoologische Ausbeute; wir bekamen hier eine ganze Reihe besonders schöner und typischer pelagischer Fische; dabei war das Wetter sehr stürmisch und das Bergen der Netze gestaltete sich sehr schwierig, ebenso die Bearbeitung der Fänge. Als wir mit ausgesetzten Netzen langsam fuhren, passierte uns in nicht sehr großer Entfernung ein großer englischer Passagierdampfer, das dritte Schiff, welches wir die ganze Zeit über in Sicht bekamen. Wir signalisierten hinüber, um zu bitten, daß er auf drahtlosem Wege unser Wohl-

befinden nach Bergen berichten möge, aber da ja der Herr Engländer nichts von uns wollte, fuhr er ohne jede Antwort und ohne seine Flagge zu zeigen, ruhig weiter. Inzwischen nahm der Sturm immer mehr zu und gestaltete das Nachtessen sehr schwierig. Mit dem Essen war es überhaupt stets so eine Sache. Ruhig lag das Schiff ja nie, und wenn hoher Seegang war, wie meistens und z. B. auch heute, so ging keine Mahlzeit ohne Zwischenfälle ab. Selbstverständlich war der Tisch stets mit Schlingervorrichtung versehen, aber die Bewegungen waren doch oft so stark, daß man kein Glas stehen lassen konnte; wir mußten stets sofort austrinken und das leere Glas dann hinlegen. Daß fast täglich die Kaffee- oder Teekanne vom Tische sprang, und die halbe Suppe und die Kartoffeln es sich auf unserem Schoß gemütlich machten, waren so gewöhnliche Erscheinungen, daß wir sie gar nicht mehr beachteten. Johnsen hatte es am schlimmsten; er saß in Lee des Tisches auf einem nicht festgeschraubten Stuhle und hatte nach und nach große Übung darin erlangt, sich mit den Knien am Tische festzuklemmen und dadurch sicher zu verankern; aber es ereignete sich doch häufig, daß er plötzlich verschwunden war, und seinen Corpus in Hellands Kabine zusammensuchen konnte; meist begleitete ihn dabei sein Teller, Messer und Gabel in treuer Anhänglichkeit. Wer den Schaden hat, braucht für Spott nicht zu sorgen! Aber einmal ging es selbst mir schlecht, der ich Johnsen gegenüber auf dem Steuerbordsopha saß. Ich wollte gerade Birkeland einen Aquavit einschänken, als eine plötzlich anlaufende hohe See zunächst Johnsen unsichtbar machte und zugleich mich vom Sopha unter den Tisch beförderte; geistesgegenwärtig hielt ich wenigstens die Flasche und das gefüllte Glas in die Höhe, so daß diese beiden Gegenstände im Verein mit meinen Unterarmen und Händen das Einzige war, was meine Gegenwart bezeugte. Mit rührender Sorgfalt retteten Helland und Birkeland Flasche, Glas und Inhalt; wir armen Zoologen mußten selbst sehen, wie wir wieder ans Tageslicht kamen.

Geradeso schwierig wie das Essen war auch das Schlafen. Solange Armauer ruhig lag, ging es vorzüglich; anders wurde es aber im Seegang. Natürlich bauten wir uns mit Brettern jeden Abend eine Schutzwand, die uns vor dem Herausgeworfenwerden bewahrte, aber das genügte oft nicht. Meine Koje lag in der Längsrichtung des Schiffes, und wenn nun die See hochging, und

das Schiff schlingerte, so rollte ich in meinem Bett hin und her wie eine Zigarre in einer leeren Kiste. Wenn daher Sturm war, baute ich mir mit Brettern und Matratzen noch ein besonderes Sturmbett, das so schmal war, daß ich fest eingeklemmt war und nun ohne zu rollen wie in einer Wiege schlafen konnte. Birkeland und Johnsen lagen querschiffs. Sie haben sich zu Akrobaten anderer Art ausgebildet; einmal standen sie fast senkrecht aufrecht, dann aber fanden sie sich in der nächsten Minute in umgekehrter Stellung, d. h. die Füße waren oben. Die beigefügte Zeichnung unserer Lage bei einer Neigung des Schiffes von 50° zur Horizontalen wird diese Angaben am besten illustrieren. Trotzdem haben wir immer gut geschlafen; nur wurde ich wenigstens einmal in der Nacht geweckt, wenn beim Wachewechsel Segelmanöver ausgeführt werden mußten, und 5 Menschen in ihren schweren Seestiefeln unmittelbar über meinem Kopfe herumtrampelten; an dieses Geräusch habe ich mich nie ganz gewöhnt; die anderen dagegen sind davon fast niemals aufgewacht!

Am 22. und 23. Juli hatten wir zur Abwechslung einmal Nebel und damit auch eine neue schöne Musik, denn von 5 zu 5 Minuten wurde an Deck mit Liebe und Gefühl das Nebelhorn geblasen. Wenn auch die Wahrscheinlichkeit, hier auf Schiffe zu

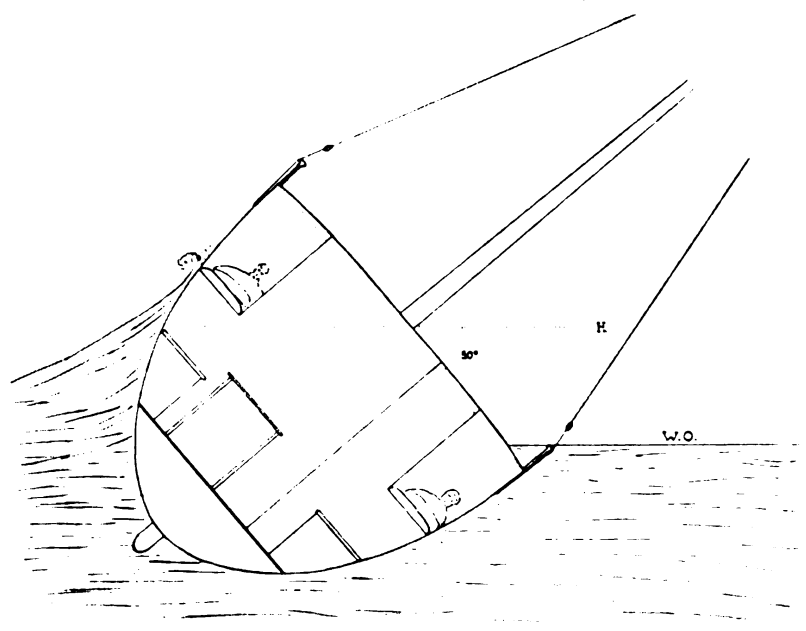


Fig. 10.

treffen, fast gleich o war, so mußte diese Vorsicht doch sein. Am Nachmittag des 23. auf dem 57° 58′ n. B. und 25° 35′ w. L. (Station 13) fiel der Barometer plötzlich sehr stark, und zugleich nahm der Wind zu. Birkeland, unser Meteorologe, der im Prophezeien von Stürmen schon einige Übung erlangt hatte, kündete diesmal einen Generalsturm an, und so kam es auch. Wir sind mit unserem Schiff an diesem Abend und in der anschließenden Nacht ganz gehörig umhergetanzt, aber trotzdem war es nicht ungemütlich. Die Bewegungen unseres braven Armauer Hansen waren bei allem doch so sanft, daß ein unbehagliches Gefühl gar nicht aufkommen konnte, und ich erst an den Generalsturm glaubte, als mich auch Kapitän Wilhelmsen hoch und heilig versicherte, daß es wirklich so wäre. Stehen, liegen und sitzen war schon so oft schwierig gewesen, daß es heute gar nicht besonders auffiel und als Helland zum Nachtessen mit einem famosen Kartoffelsalat auftauchte, war unsere einzige Sorge, uns dieses herrliche Fabrikat auch möglichst ohne Verlust einzuverleiben. Dann gingen wir ins Bett, weil wir da am ruhigsten lagen, lasen noch einige Stunden und schliefen endlich sanft ein, die Sorge um das Schiff unserer guten Mannschaft überlassend.

In diesem starken Sturm hat sich Armauer ganz vorzüglich gehalten, wir sind die ganze Zeit über nur mit dem Sturmklüver und doppelt gerefftem Großsegel gefahren und sind nur in der Hundewache beigedreht, aber nicht etwa, weil Wind und See für unser Schiff zu schwer wurden, sondern weil Wilhelmsen ruhig schlafen wollte!

Am 24. flaute der Wind langsam ab, und am 25. hatten wir einmal einigermaßen ordentliches Wetter; an diesem Tage befanden wir uns auf ca. 58° 40′ n. B. und 20° 55′ w. L. und arbeiteten auf Station 14. Die Ausbeute war eine sehr gute und ich zeigte zum erstenmal die Güte und Brauchbarkeit unseres Laboratoriums für feine anatomische Arbeiten (trotz Seegang), indem ich mit der Präparierlupe von einer größeren Anzahl gefangener *Cyclothone microdon* die Gallenblasen herauspräparierte. Der Leser dieser Zeilen darf sich überhaupt aus den vorliegenden Schilderungen nicht etwa vorstellen, daß wir uns an Bord die ganze Zeit über nur amüsiert hätten; das war natürlich nicht der Fall; aber ich kann ja nicht immer schreiben, daß wir die und diese Netze aussetzten und diese und jene Fische bekamen und präparierten usw., das würde nur ermüden;

ich greife die Erlebnisse heraus, die allgemeines Interesse haben. Die wissenschaftlichen Resultate werden an anderer Stelle geschildert.

Der 26. Juli brachte ebenfalls einigermaßen gutes Wetter und am 27. mußten wir nach unser Berechnung wieder in der Nähe von Rockall sein; die Position war nach Schätzung 58° 28′ n. B., 14° 20′ w. L. Eine Lotung mit »Lukas« bei Aufnahme der Station 16 gab bei 275 m Grund; damit wußten wir, daß wir uns über dem Rockall-Plateau befanden; den Felsen selbst aber sichteten wir nicht; da wir uns ihm von NW. her näherten war Vorsicht geboten, denn die Untiefen liegen im N. und NO., abends loteten wir nochmals, fanden aber bei 500 m keinen Grund und eine um 10¼ Uhr nachts vorgenommene Lotung ergab 1677 m. Jetzt war die Frage: »Sind wir westlich oder östlich auf der Bank?« Im ersten Falle ist die Situation etwas kritisch, weil die Untiefen noch vor uns liegen; im letzten Falle dagegen ist keine Gefahr; wir haben dann am Tage bei dem unsichtigen Wetter den Felsen schon im NO. passiert. Astronomische Bestimmungen waren bei dem bewölkten Himmel unmöglich, und so mußte uns das Lot helfen. Bis 12 Uhr nachts nahmen wir rein östlichen Kurs; dann sollte gelotet werden; hatte die Tiefe gegen früher sehr stark abgenommen, so mußten wir uns dem Felsen nähern; blieb sie jedoch ungefähr gleich oder nahm zu, so waren wir in der Rinne zwischen Rockall und England. Um Mitternacht ging also das Lot hinab; es ist klar, daß wir alle voll Spannung an Deck waren, 100 um 100 m rollten ab, und erst bei 1655 m fanden wir Grund. Damit war unsere Position festgelegt; wir konnten ohne Gefahr den östlichen Kurs beibehalten. Zu unser aller Bedauern haben wir den Felsen selbst nicht zu Gesicht bekommen, aber es lohnte sich auch nicht, nach ihm zu suchen, und daher gingen wir weiter, um den 28. noch den Untersuchungen in der Rockall-Rinne zu widmen. (Stat. 17.) In der Nacht vom 28. auf den 29. sichteten wir den ersten Fischdampfer seit 4 Wochen und wußten damit, daß wir uns wieder bewohnten Gegenden näherten; am 29. wurde noch eine kurze ozeanographische Station (Nr. 18) genommen und darnach war die Devise: »Zurück nach Stornoway«. Im Laufe des Tages mußte Land in Sicht kommen und derjenige, der es zuerst sichtete, sollte Stoff zu einer neuen Hose bekommen. Alles schaute voll Eifer aus mit Ausnahme von Wilhelmsen, der schlief und

Kaffee trank. Ganz verschlafen kam er endlich an Deck und erkundigte sich, wer denn nun die Hose habe. »Noch niemand« war die Antwort; »nun, dann habe ich sie«, meinte er verschmitzt lächelnd und deutete auf St. Kilda, das gerade groß und mächtig aus dem Nebel auftauchte. Am 5. Juli waren wir von hier ausgegangen und am 29. Juli kamen wir ganz programmäßig genau an unseren Ausgangspunkt zurück! Die Navigation war also keine schlechte gewesen.

Hier wurde noch eine kurze ozeanographische Station (Nr. 19) genommen, und dann sollte es mit allen Segeln nach Stornoway gehen. Aber auch jetzt kam es wieder anders, als wir glaubten. In dem Augenblick, als gerade auch das Topsegel geheißt war, flaute der Wind vollständig ab, und mit schlagenden Segeln lagen wir unbeweglich fest. Unsere Hilfe mußte nun allein beim Motor liegen, aber dessen Vorrat an Süßwasser war aufgebraucht, und Seewasser durfte nicht verwendet werden. Glücklicherweise waren wir mit unserem Trinkwasser sparsam gewesen, so daß wir von diesem 2 Tanke an den Motor abtreten konnten. Nachdem das Wasser umgefüllt war, kam denn auch die Maschine bald in Gang, und fort gings gen Stornoway.

Man wird nun glauben, daß wir uns sehr nach dem Land gesehnt hätten, dessen Anblick wir ja 4 Wochen entbehrt hatten. Ich muß jedoch, für meine Person wenigstens bekennen, daß dies nicht der Fall war. Das einzige, was mich an Land zog, war das Verlangen, Nachricht von zu Hause zu erhalten, dorthin auch von mir zu geben, ein möglichst heißes und ausgiebiges Bad zu nehmen und einmal etwas anderes zu essen. Hätte ich das alles an Bord haben können, ich hätte das Land mit keinem Schritte betreten und wäre gern noch 4 Wochen lang draußen geblieben. Unser Steuermann als echter Seebär hat denn auch von Bergen bis Bergen den festen Boden nicht eine Sekunde betreten, selbst nicht, als er auf der Rückreise in Stornoway eine neue Mütze brauchte; diese ließ er sich von Harald, der den gleichen Kopfumfang hatte, aus der Stadt mitbringen. Ich selbst bin auch nur 2 mal zu obigen Zwecken kurz in der Stadt gewesen.

Der nächste Tag (30. Juli) brachte uns bei gutem Wetter abends gegen 1/2 8 Uhr nach Stornoway. Vorher hatten wir uns natürlich fein gemacht. Der Rest unseres Süßwassers machte die zutage liegenden Teile unserer corpora blendend weiß, der

gewucherte Bart schwand unter dem Rasiermesser und unsere guten Anzüge machten uns zu noblen Kerlen. Beim Ankern wurden wir gleich von Ameln und dem wieder ganz hergestellten Steward begrüßt, die uns auch gleich unsere Post aushändigten und berichteten, was sonst in der Welt vorgefallen war. Abends vereinigte uns ein Festmahl im Imperial-Hôtel. Der nächste Tag war der eigenen Reinigung und der des Schiffes und Motors gewidmet; alles erstrahlte wieder in Schönheit und präsentierte sich würdig den neugierigen Blicken der seekundigen Engländer, die natürlich der Fahrt unseres winzigen Schiffchens hinaus in den Ozean großes Interesse entgegengebracht hatten. Bezeichnend ist dabei, daß Ameln während der ganzen Zeit seines Aufenthaltes von der niederen Bevölkerung mit Mißtrauen beobachtet worden war; er wurde für einen deutschen Spion gehalten, und die Kinder riefen ihm das oft auf der Straße nach. Trotzdem aber hat er die Zeit seines Landaufenthaltes großartig ausgenützt und für mich ein prachtvolles Material von Küstenfischen (d. h. deren Gallen- und Harnblasen) gesammelt.

Am 1. August war Armauer wieder seeklar und nachmittags 4 Uhr verließen wir unter dem Tücherwinken der jungen Damen, deren Bekanntschaft Ameln inzwischen gemacht hatte, den Hafen, um möglichst rasch nach Bergen zu kommen. Zu Hellands Entsetzen benahm sich unser Schiff wie ein alter Droschkengaul, der den Stall wittert. Mit Motor und Segel kamen wir rasch vorwärts, alles klappte immer; der Motor streikte nie und lief nie warm, was früher manchmal vorgekommen war. So kam es denn auch, daß wir unglaublich schnell die Nordsee überquerten und schon am 4. August morgens um $^1/_2$6 Uhr in Bergen vor der biologischen Station Anker warfen. Niemand hatte uns erwartet, und so war alles sehr erstaunt, uns wieder wohlbehalten zu Hause zu sehen. Ich hatte die Zeit der Überfahrt benutzt, um meine Instrumente etc. für die Heimfahrt zu packen, und das war gut; denn auf dem Bureau der Dampfschiffrheederei erfuhr ich, daß am gleichen Abend um 6 Uhr der Postdampfer »Sverre Sigurdssön«, ein alter lieber Bekannter, nach Hamburg abgehen würde. Sofort belegte ich einen Platz; allerdings war keine Kabine mehr frei, und ich mußte mich mit einem Bett im Salon begnügen; aber was wollte das nach unserer Tour besagen! Der an sich kleine Dampfer erschien mir wie ein Koloß, und das Bewußtsein, für

gar nichts mehr sorgen zu müssen und sich nur bedienen lassen zu können, war mir zunächst ganz befremdlich.

Rasch waren alle notwendigen Geschäfte abgewickelt, und ein solennes Essen vereinigte uns alle noch einmal mittags im Grand-Hôtel. Dann gings ans Abschiednehmen. Auf Deck des Dampfers schüttelten wir uns zum letzten Male die Hände und langsam entschwand Bergen mit all seinen lieben Freunden meinen Blicken. Über die Heimfahrt ist nichts mehr zu berichten; sie verlief ohne jeden Unfall, und Donnerstags vormittags, 7. August, konnte ich nach genau 3monatlicher Abwesenheit gesund und munter die Meinigen wieder zu Hause begrüßen.

Zusammenstellung der durch die Expedition erlangten Resultate.

I. Zoologische Reiseausbeute.

Ich kann hier im wesentlichen nur eine Liste der von uns gesammelten Fische geben, da die Verarbeitung der Wirbellosen ziemlich lange Zeit beanspruchen wird; von ihnen werde ich deshalb nur einige besonders interessante Stücke ganz kurz erwähnen. Auch die Zusammenstellung der Fische kann nur eine provisorische sein, da die Zeit zur definitiven Bearbeitung noch nicht ausreichte; daher kann es auch möglich sein, daß da und dort noch einige Änderungen vorgenommen werden müssen. Die Liste gibt nur eine einfache systematische Aufzählung, da die Diskussion der faunistischen und geographischen Fragen durch einen von uns jedenfalls an anderem Orte geschehen wird. Der Kenner kann jedoch aus meinen heutigen Angaben schon manches ersehen, das auf die geographische Verbreitung der pelagischen und Bodenfische ein neues Licht wirft. Besonders wird er finden, daß viele Arten von uns bedeutend nördlicher nachgewiesen werden konnten, als man bisher annahm. Besonders sei auf die *Parabrotula plagiophthalmoides* Zugmeier hingewiesen, die bisher nur einmal gefangen und nur in einem einzigen Exemplare bekannt war.

Die Bestimmung der Fische geschah teils von mir teils von Johnsen schon während der Reise an Bord. Dann hat Johnsen das ganze Material in Bergen nochmals einer genauen Revision unterzogen und die Arten bestimmt, die wir an Bord nicht iden-

tifizieren konnten. Wenn man in Betracht zieht, daß wir im ganzen nur 4 Wochen arbeiten konnten, stets von schlechtem Wetter begleitet waren, durch Bruch der Stahltrosse und Verlust vieler Netze einen empfindlichen Schaden erlitten und auch in nur verhältnismäßig schwach bevölkerten Meeresabschnitten fischten, so muß man zugeben, daß unsere Ausbeute eine sehr gute zu nennen ist, besonders, wenn man sie mit den Ergebnissen vieler anderer bedeutend größerer Expeditionen vergleicht* (z. B. »Valdivia« von 1898—1899 in fast allen Meeren mit insgesamt 90 Gattungen und 206 Arten).

a) Erbeutete Fische.

(Die genaue Herkunft usw. wird später in einer besonderen Arbeit gegeben.)

I. Elasmobranchii.

Ordnung **Plagiostomi.**

Unterordnung **Selachii.**

a) Scyllidae: 1. *Pristiurus melanostomus* Bon.
b) Spinacidae: 1. *Acanthias vulgaris* Risso.

II. Teleostomi.

Ordnung **Teleostei.**

Unterordnung **Malacopterygii.**

a) Clupeidae: 1. *Clupea harengus;* 2. *Clupea sprattus.*
b) Salmonidae: 1. *Argentina silus* Nilss. juv.; 2. *Bathytroctes sp.* juv.; 3. *Bathylagus benedicti* Goode und Bean.
c) Stomiatidae: 1. *Stomias boa* Risso; 2. *Chauliodes sloanei* Bloch und Schn.; 3. *Astronestes sp.*
d) Sternoptychidae: 1. *Cyclothone signata* Garm.; 2. *Cycl. microdon* Günth.; 3. *Cycl. m. pallida* Brauer; 4. *Argyropelecus olfersi* Cuv.; 5. *Arg. hemigymnus* Cocco.

Unterordnung **Apodes.**

a) Muraenidae: 1. *Leptocephalus Anguillae vulgaris.*
b) Nemichthyidae: 1. *Serrivomer sector* Garm.

Unterordnung **Haplomi.**

a) Scopelidae: 1. *Myclophum arcticum* Lüth.; 2. *M. glaciale* Reinh.; 3. *M. punctatum* Raf.; 4. *Lampanyctus alatum?* Goode u. Bean; 5. *Lampadena nov. sp.?*

* Besonders muß noch hervorgehoben werden, daß ein großer Teil der von uns gefangenen Fische sich durch die ganz vorzügliche Erhaltung auszeichnet.

Unterordnung **Catosteomi.**

a) Syngnathidae: 1. *Nerophis aequoreus* L. juv.

Unterordnung **Anacanthini.**

a) Macruridae: 1. *Coryphaenoides (Macrurus) sp.* juv. (2—3 Arten).
b) Gadidae: 1. *Gadus callarias* L.; 2. *G. aeglefinus* L.; 3. *G. merlangus* L.; 4. *G. minutus;* 5. *Molva molva* L.; 6. *Brosmius brosme* Ascan.
c) Brotulidae: 1. *Parabrotula plagiophthalmoides* Zugm. (bisher nur in einem einzigen Exemplar gefangen).

Unterordnung **Acanthopterygii.**

a) Berycidae: 1. *Melamphaës mizolepis* Günth.; 2. *M. megalops* Lüthk.
b) Sparidae: 1. *Pagellus centrodontus* Cuv.
c) Scombridae: 1. *Scomber scombrus.*
d) Pleuronectidae: 1. *Pleuronectes platessa.*
e) Triglidae: 1. *Trigla sp.*

Das sind also im ganzen 26 Gattungen mit etwa 39 verschiedenen Arten; dazu kommt dann noch eine Anzahl Fischlarven, die noch nicht bestimmt wurden*.

Gesehen haben wir dann ferner noch einen Mondfisch *(Orthagoriscus mola* L.) vor Stornoway und einen großen Hai, jedenfalls einen Menschenhai *(Carcharias glaucus* L.) an der schottischen Küste.

b) Zusammenstellung einiger gefangener Wirbelloser.

Wie schon erwähnt, gebe ich hier nur eine ganz kleine willkürliche Auswahl aus dem noch unbearbeiteten Material.

Medusae.

Periphyllia hyacinthina Steenstr.

Actiniae.

Arachnactis albida M. Sars.

Vermes.

Verschiedene Species von *Sagitta;* verschiedene Nemertinen.

Crustacea.

Gigantocypris agassizii G. W. Müller; *Phronima sp.; Eryoncicus sp.,* usw. usw.

* Wenn man die erbeuteten Küstenfische nicht berücksichtigt, so bleiben uns 16 Gattungen mit 25 Arten, die wir in Zeit eines Monats in einem verhältnismäßig kleinen Meeresabschnitte fingen (Vergl. damit das Material der »Valdivia«, gefangen während 9 Monaten und in fast allen Meeren, pag. 45).

Pteropoda.

Clio pyramidata L.; *Clione limacina* Phipps.

Cephalopoda.

Verschiedene Gattungen und Arten.

c) Aufführung einiger während der Fahrt beobachteter Vögel.

Die im Folgenden gegebene kurze Liste von Vögeln, die unterwegs beobachtet wurden, macht durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wir sahen viel mehr Arten, als ich hier angebe; da wir aber wegen des schlechten Wetters fast nie Boote aussetzen konnten, um geschossene Exemplare an Bord zu holen, unterblieb die Jagd auf dieselben fast ganz, und deshalb war sehr oft auch eine genaue Bestimmung unmöglich.

In der Nähe der Küsten wurden beobachtet:
Somateria mollissima Leach.; *Sula bassana* Gray.; *Phalacrocorax carbo* L.; *Fulmarus glacialis* Steph.; *Puffinus anglorum* Temm.; *Lestris sp.; Larus argentatus* Brünn.; *L. marinus* L.; *L. fuscus* L.; *L. ridibundus* L.; *Rissa tridactyla* Bp.; versch. Species der Gattung *Sterna; Fratercula arctica* Ill.; *Uria lomvia* Brünn. und andere Species von *Uria.*

Draußen auf dem Ozean sahen wir nur:
Fulmarus glacialis Steph., diesen allerdings stets in großer Menge, in verschiedenen Altersstadien und ganz außerordentlich vertraut, so daß die Tiere oft bis auf 1 m ans Schiff herankamen und sich wie zahme Enten füttern ließen. Daneben beobachteten wir öfters einige große Raubmöven und einmal auf 31° 7′ w. L., 55° 51′ n. B. einen *Numenius,* den ich, weil wir Amerika bedeutend näher als Europa waren und fast immer westliche Winde herrschten, für *N. hudsonicus* halten möchte.

Größere Meersäugetiere, d. h. Wale, sahen wir nur recht selten; was in unseren Gesichtskreis kam, waren nur kleinere Formen, und nie kamen sie so nahe heran, daß wir sie hätten bestimmen können.

II. Resultate und Erfahrungen in bezug auf das Expeditionsschiff.

Dr. J. Hjort hat in seinen Schilderungen der Expedition des »Michael Sars« schon hervorgehoben, daß ein kleines Schiff verhältnismäßig leistungsfähiger sei in bezug auf derartige wissen-

schaftliche Expeditionen, als ein großes Fahrzeug, nur vorausgesetzt, daß das Schiff auch seetüchtig ist. Nun ist »Michael Sars« ein ziemlich kleiner Dampfer, dem die Mängel anhaften, die wir bei Schilderung des Baues von »Armauer Hansen« kurz erwähnten. Es kann also von vornherein erwartet werden, daß sich unsere Expedition in mancher Hinsicht noch günstiger gestaltet habe wie jene, und dem ist tatsächlich so.

Als besondere Vorzüge »Armauer Hansens« möchte ich hier nochmals zusammenfassen: 1. seine Seetüchtigkeit, 2. seine guten Segeleigenschaften, 3. seine Kleinheit, 4. die Anordnung seiner Wohn- und Arbeitsräume, 5. der Antrieb der Winden durch den Schiffsmotor, 6. seine Billigkeit im Betrieb.

Über Punkt 1 und 2 ist nicht viel zu bemerken, es sind Eigenschaften, die man von jedem guten Seeschiff, das Segel führt, verlangen kann; Punkt 3 jedoch erscheint zunächst merkwürdig, trifft aber doch vollkommen zu. Wenn das Schiff so klein ist, daß es nur auf einer der großen Ozeanwellen sitzt, so wird es allerdings die Bewegungen dieser Wellen mitmachen, aber es wird gleich einer schwimmenden Möve stets oben auf dem Wasser bleiben; infolgedessen werden die Schwankungen auch fast immer recht sanfte und gleichmäßige sein, so daß sie nicht unangenehm empfunden werden. Ist dagegen das Schiff größer, so muß es zu gleicher Zeit auf 2 oder mehr Wellen ruhen, und daraus entsteht dann leicht ein heftiges Stoßen und Rollen, begleitet von der Übernahme von Sturzseen. Uns ist während der ganzen Reise nicht eine einzige Sturzsee auf Deck gekommen; nur leichte Schaumspritzer fanden ihren Weg dorthin. Eine Folge der Kleinheit des Schiffes ist auch der geringe Freibord und damit ein geringer Windfang durch das Fahrzeug. Beides ist aber bei Vornahme der wissenschaftlichen Arbeiten von großem Werte. Das Schiff wird durch den Wind nur wenig abgetrieben und läßt sich infolgedessen auch sehr leicht mit dem Motor manövrieren; man kann wohl sagen, daß es Kapitän Wilhelmsen möglich ist »Armauer Hansen« für einige Zeit auch in schwerem Wetter fast absolut auf der Stelle zu halten; dies wird bewiesen durch die genau senkrechte Stellung der Lotleine auch bei Lotungen bis zu 3000 m Tiefe; wie vorteilhaft ein geringer Freibord beim Einholen der Apparate ist, haben wir früher schon gesehen; das Wetter muß schon sehr schlecht sein, wenn alle Arbeit ruhen soll.

Punkt 4 ist ebenfalls früher schon kurz behandelt worden. Bei Dampfern nimmt die Maschine mit den Kessel- und Heizungsanlagen meistens den besten Platz fort, indem dieselben oft wenigstens mittschiffs angebracht sind. Beim Typ von »Armauer Hansen« liegt hingegen das Laboratorium, welches am stabilsten sein sollte, in der Mitte, und der Schwerpunkt des ganzen Schiffes befindet sich in ihm; es ist daher klar, daß in diesem Raume die Schwankungen auch am geringsten sein müssen, und die Möglichkeit zum Arbeiten auch bei Seegang denkbar günstig ist.

Punkt 5, Antrieb der Winden durch den Schiffsmotor bedarf kaum noch weiterer Erklärung; dadurch daß die Aufstellung einer extra Dampfwinde oder einer elektrisch getriebenen Winde wegfällt, wird einmal direkt viel Raum gespart, und dann fällt auch der Raum für Brennmaterialien fort, die sonst noch mit an Bord sein müßten. Der ganze Betrieb wird auch viel sauberer, denn das unangenehme Kohlentrimmern fällt ganz fort; das Füllen der Tanke mit Rohöl erfolgt ohne jede Belästigung und ohne Schmutz.

Von allergrößter Wichtigkeit endlich ist Punkt 6, die Billigkeit des Betriebes. Wenn man sich eine Kostenberechnung der früheren Expeditionen vornimmt und diese mit dem vergleicht, was wir brauchten, so sind unsere Ausgaben fast verschwindend klein zu nennen. Wenn wir das Schiff mit seiner ganzen seemännischen und wissenschaftlichen Ausrüstung als vorhanden annehmen, so werden sich die Kosten einer Expedition pro Monat auf ca. 5000 M. stellen, wenn man dabei folgendes berücksichtigt: 1. Gehalt der ganzen Besatzung; 2. Verpflegung von Mannschaft und Wissenschaftlern; 3. Motoröl bei 12stündigem Gebrauch des Motors pro Tag; 4. Verzinsung des Schiffes und seiner Apparate mit 5% des Wertes; 5. Amortisation des angelegten Kapitals; 6. Versicherung des Schiffes; 7. Hafen- und Lotsengebühren, Verluste, Reparaturen usw. usw. Zieht man in Betracht, daß alle diese Punkte mit obiger Summe gedeckt sind, und daß man dafür ein vollkommen wissenschaftlich ausgerüstetes Schiff mit Mannschaft und voller Verpflegung zur Verfügung hat, so wird die Billigkeit derartiger Expeditionen im Vergleich zu früheren Zeiten einleuchten.

Als Beweis für die Güte unseres Schiffes und die Zweckmäßigkeit seiner Einrichtungen mag vielleicht auch noch die Tatsache dienen, daß meines Wissens unsere Expedition, obgleich eine der kleinsten, doch von allen mit am längsten ununterbrochen

draußen auf dem Meere war, ohne Land anzulaufen (von Stornoway bis Stornoway gerechnet), und daß wir ganz bequem auch noch 2—3 Wochen hätten draußen bleiben können. Mit einem großen Schiffe ist das natürlich keine Leistung; mit einem kleinen Fahrzeug von 59 brutto Reg.-Tons ist das aber nur möglich, wenn die ganze Anlage und Ausrüstung wohl durchdacht ist.

Diese angestellten Betrachtungen sind nun vielleicht auch geeignet, noch eine praktische Seite zu berühren, die u. U. von Wichtigkeit sein könnte, nämlich in bezug auf den Bau von Hochseefischereifahrzeugen. Bisher wird die Hochseefischerei zum großen Teile von Dampfern betrieben, die in ihrem Typ und in ihrer Größe etwa dem »Michael Sars« entsprechen. Wir haben nun gezeigt, daß ein Fahrzeug wie »Armauer Hansen« fast genau so gut wie ein Dampfer mit dem gleichen Erfolg all die Fischereigeräte anwenden kann, wie sie auch auf den Fischdampfern gebräuchlich sind. Läßt man nun auf Armauer Hansen das Laboratorium, den Salon und den Vorraum zum Laboratorium nicht ausbauen, so hat man hier einen sehr großen Raum zum Unterbringen des Fanges in Eis. Das Fahrzeug ist seetüchtiger wie die Fischdampfer, ist in seiner Anschaffung und im Betrieb viel billiger und hat einen größeren Aktionsradius, alles Vorteile, die die geringere Geschwindigkeit (7—8 Seemeilen pro Stunde) wohl aufwiegen. Jedenfalls ist eine solche Frage wohl der Erwägung wert.

III. Persönliche Vorteile.

Über dieses Thema läßt sich hier natürlich nur sehr wenig sagen, da die Vorteile, die jeder Naturforscher von derartigen Reisen sowohl in wissenschaftlicher wie auch rein menschlicher Beziehung haben wird, so unendlich mannigfaltig sind, daß man sie gar nicht alle aufzählen kann. Ich füge zur Bekräftigung des Gesagten vielleicht am besten das an, was Charles Darwin am Ende seiner: »Reise eines Naturforschers um die Welt« in bezug auf unser Thema sagt:

»Zum Schluß scheint mir es, als wenn nichts einen jungen Naturforscher mehr fördern könne, als eine Reise in ferne Länder. Sie schärft sowohl als mildert jenes Drängen und Verlangen, welches, wie Sir J. Herschel bemerkt, ein Mensch empfindet, wenn auch jeder körperliche Sinn vollständig befriedigt ist. Die

Anregung durch die Neuheit der Gegenstände und die Möglichkeit eines Erfolges reizen ihn zu einer vermehrten Tätigkeit an. Da überdies die bloße Anzahl isolierter Tatsachen bald uninteressant wird, so führt die Gewohnheit der Vergleichung zur Verallgemeinerung . . . . .« und weiter: »Ich habe aber die Reise mit zu tief empfundenem Entzücken gemacht, als daß ich nicht jedem Naturforscher empfehlen könnte (obschon er nicht erwarten darf, so glücklich mit seinen Reisegenossen zu sein, wie ich es gewesen bin), unter allen Umständen die Gelegenheit zu ergreifen und aufzubrechen, wenn möglich zu Landreisen, und ist es nicht anders möglich, zu einer langen Seefahrt . . . . .«

Die Richtigkeit dieser Sätze habe ich Punkt für Punkt an mir selber empfunden. Die Arbeit daheim im Laboratorium erhält erst ihren richtigen Wert durch die eigenen Beobachtungen draußen in der Natur; es drängen sich einem Probleme auf, auf die man zu Hause niemals gekommen wäre.

Von welchem Werte ist allein schon die Kenntnis der verschiedenen Apparate und Instrumente, mit deren Hilfe unser Arbeitsmaterial gesammelt wird, und welche Vorteile liegen schon darin, diese Apparate nun auch selbständig richtig handhaben zu lernen! Die Tatsache, wie hier Wissenschaft und reine Praxis sich die Hand reichen, muß einen mit der höchsten Bewunderung erfüllen und einem zeigen, wie auch hier kein Stand ohne den anderen auskommt.

Dadurch ferner, daß man bei einer solchen Expedition auch Kollegen ganz anderer Fächer mit der Tat aushilft, erhält man tiefe Einblicke in ganz andere Wissensgebiete. Der Horizont weitet sich, und man wird davor bewahrt, einseitig in einem Spezialgebiete zu verknöchern.

Die rein menschlichen und persönlichen Gewinne auf einer solchen Reise können und sollen hier nicht erörtert werden; sicher aber sind sie nicht gering anzuschlagen.

Und so bin ich denn am Ende meines kurzen Berichtes angelangt. Ich kann denselben nicht besser schließen, als daß ich allen denen, die mir die Teilnahme an der Expedition ermöglichten, nochmals aufs herzlichste danke. Unserem wackeren »Armauer Hansen«, seiner Besatzung und seinen Wissenschaftlern wünsche ich für die Zukunft stets eine gute Fahrt und ebenso schöne oder noch bessere Erfolge, als wir sie auf der ersten Reise hatten.

Einige Bemerkungen über die Herstellung photographischer Aufnahmen auf derartigen Expeditionen.

Im folgenden will ich noch ganz kurz einige Erfahrungen mitteilen, die ich in bezug auf photographische Fragen unterwegs machen konnte. Dieselben sind natürlich rein persönliche Eindrücke und bezwecken nur, Kollegen, die in ähnliche Verhältnisse kommen können, einige Winke zu geben.

Für weniger wertvolle Aufnahmen, d. h. also für rein unterhaltendes Material hatte ich meine kleine Taschenkamera aus Metall im Format $4^1/_2 \times 6$ mitgenommen. Das Objektiv war ein gewöhnliches Detektiv-Aplanat F : 6,8. Zu den Aufnahmen verwandte ich Packfilm von Herzog. Apparat und Film haben mich nie im Stich gelassen; ich bin mit beiden sehr zufrieden gewesen; die Film wurden erst zu Hause entwickelt; sie haben durch das lange Liegen in der feuchten Luft nicht gelitten.

Zu den wertvollen Aufnahmen verwandte ich meine große Voigtländer Spiegelreflexkamera 9×12 mit dem Collinear 2 (F : 5,4). Auch diese Kamera hat sich vorzüglich bewährt, jedoch muß ich raten, wenn möglich ganz aus Metall gebaute Modelle zu verwenden, denn meine noch aus Holz hergestellte Kamera ist im Laufe der Zeit etwas gequollen, so daß häufig kleine Nachhilfe am Spiegel und am Verschluß notwendig war. Im übrigen aber hat eine Spiegelreflexkamera gerade an Bord, wo deren Größe nicht hindert, so viele Vorteile, daß nicht weiter darüber geredet zu werden braucht.

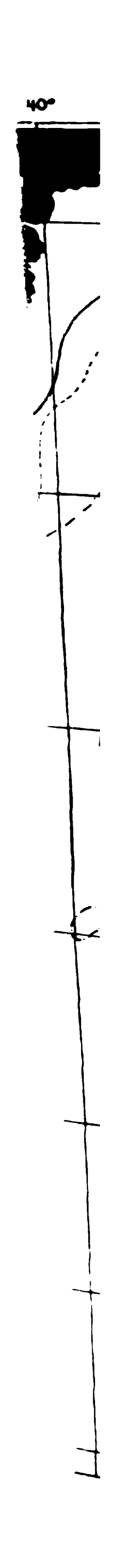
Endlich verwandten wir auch noch eine Einloch-Kino-Kamera von Ernemann in Dresden, mit deren Resultaten wir auch sehr zufrieden waren. Allerdings hatten wir dadurch viele Schwierigkeiten, daß das Stativ bei dem hohen Seegang festgehalten oder festgebunden werden mußte, und daß oft ein regelmäßiges Drehen der Kurbel dadurch unmöglich wurde, daß man seinen eigenen Körper vor dem Überbordgehen schützen mußte.

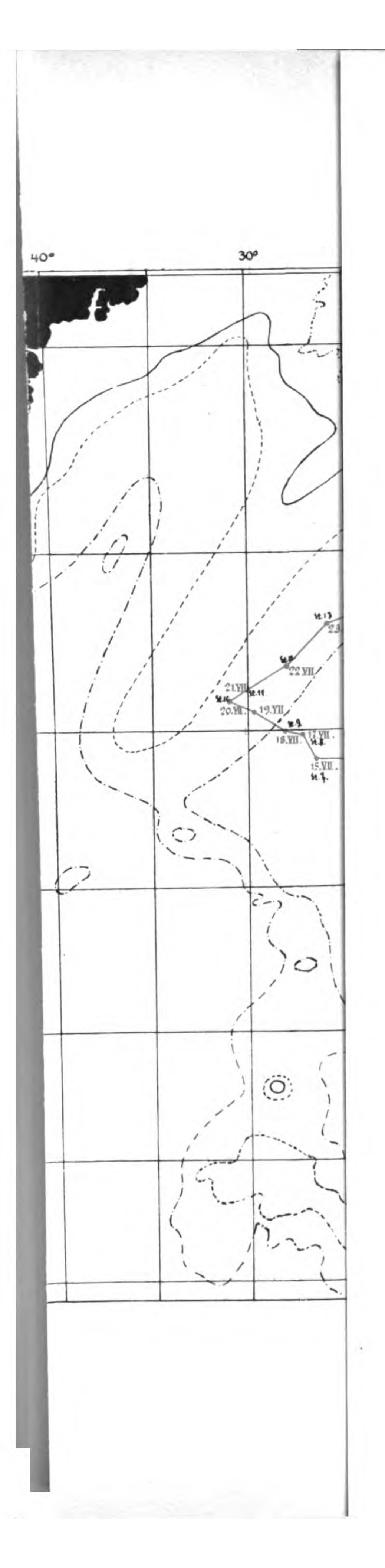
Als ganz vorzügliches Hilfsmittel erwies sich das Aktinophotometer von Heide. Nachdem ich mich mit demselben eingearbeitet hatte, ist mir keine einzige Aufnahme mißlungen; dabei nimmt die Bestimmung der Expositionsdauer nur wenig Zeit in Anspruch.

Es muß von Wichtigkeit sein, die gemachten Aufnahmen womöglich gleich an Bord entwickeln zu können, denn nur dadurch bewahrt man sich vor Enttäuschungen und ist in der Lage, eine etwa mißglückte wertvolle Aufnahme nochmals zu machen. Nun ist auf einem kleinen Schiffe der Einbau einer Dunkelkammer fast unmöglich, und das Hantieren in einer solchen bei Seegang ist fast nicht durchzuführen. Da hat mir denn meine Fokodose die ausgezeichnetsten Dienste geleistet; ohne dieselbe wäre ein sofortiges Entwickeln der Platten überhaupt nicht angegangen. Das Fixieren der Platten habe ich in einer ähnlichen Dose aus Glas vorgenommen; dadurch wurde immer ein sauberes und sicheres Arbeiten ermöglicht und ich möchte daher auf Expeditionen diese Dose nicht missen.

Man weiß aus meinen früheren Schilderungen, daß wir mit dem Süßwasser sehr sparsam umgehen mußten, deshalb war auch an ein Auswässern der Negative in ihm nicht zu denken. Süßwasser wurde nur zum Anmachen des Entwicklers und Fixierbades verwandt. Das Auswaschen geschah in reinem, öfters gewechseltem Seewasser und nur zum Schluß wurde mit Süßwasser nachgespült. Zu Hause habe ich dann die Negative nochmals gut mit fließendem Süßwasser ausgelaugt und kann nun die Platten von anderen regulär behandelten nicht mehr unterscheiden. Gelegentlich habe ich sogar den Entwickler mit Seewasser angesetzt und auch gute Bilder bekommen; die Negative sehen etwas sonderbar aus, jedoch sind die Kopien tadellos.

Das Einlegen der Platten in die Kasetten und in die Fokodose geschah in einem von mir selbst konstruierten einfachen Wechselsack aus doppeltem schwerem Stoff, der sich schon auf früheren Seereisen glänzend bewährt hat.


40°



40°
30°
St. 13
23
22.VII.
21.VII.
St. 11
St. 10
20.VII.
19.VII.
St. 9
18.VII.
17.VII.
St. 8.
15.VII.
St. 7.

Die Temperaturverhältnisse von Karlsruhe auf Grundlage langjähriger Beobachtungen.

von **Dr. Friedrich Gautier.**

Einleitung.

Von den langjährigen Temperaturbeobachtungen der Station Karlsruhe ist bis jetzt nur ein geringer Bruchteil der Bearbeitung zugänglich gewesen, nämlich ausschließlich das seit Bestehen eines amtlichen badischen Beobachtungsnetzes[1] gewonnene Material; und selbst dieses wurde meist nur in beschränktem Maße benützt, da die ersten Aufzeichnungen nicht mit derselben Sorgfalt vorgenommen worden waren, wie die neueren. Zu einer Verwertung des älteren Materials, das in fast ununterbrochener Folge bis ins vorletzte Jahrhundert zurück vorhanden, ist es wohl in früherer Zeit gelegentlich gekommen; die diesbezüglichen Schriften von Wucherer, Eisenlohr[2] u. a., die das Klima von Karlsruhe zum Gegenstand haben, besitzen aber heutzutage nur mehr historischen Wert. Der Verfasser hat es nun unternommen, diese Aufzeichnungen zu sammeln, auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen und einen größeren Teil derselben durch Umformung in vergleichbare Werte zu verwandeln. Bei dieser Gelegenheit hat er versucht, aus der Fülle des neu gewonnenen Materials weitere Ergebnisse in klimatologischer Beziehung zu erhalten. Für die weitgehende Förderung in meiner Arbeit, die mir von Seiten des Leiters des hiesigen Zentralbureaus, Herrn Professor Dr. Ch. Schultheiß zuteil geworden ist, möchte ich hier meine Erkenntlichkeit ausdrücken, ferner auch Herrn Professor Dr. Brodmann,

[1] Seit dem Jahre 1868.

[2] Ein Verzeichnis dieser älteren Literatur findet sich im XIV. Jahresbericht der Großherzoglich Badischen meteorologischen Centralstation Karlsruhe für das Jahr 1882.

dem Direktor der Bibliothek des Polytechnikums, dessen Freundlichkeit mir die Auffindung und Benützung alten handschriftlichen Materials sehr erleichtert hat, an dieser Stelle für seine Mühewaltung danken.

Nach einer eingehenderen Übersicht über die der Gegenwart überlieferten Aufzeichnungen soll in einem zweiten Abschnitte die Art und Weise der Rekonstruktion von Mittelwerten aus älteren Beobachtungen behandelt werden; diese korrigierten Werte sind dann in Tabellen der Arbeit beigefügt. Einige weitere Kapitel werden die Ergebnisse enthalten, welche sich in klimatologischer Hinsicht boten: einzelne Schlußfolgerungen in bezug auf den Gang der Wärmeschwankungen im Zeitraum eines Jahres wie im Verlauf längerer Perioden (Klimaschwankungen) und hinsichtlich der Darstellung monatlicher und jährlicher Extremwerte.

Das Beobachtungsmaterial.

Die in neuerer Zeit in Karlsruhe angestellten Beobachtungen sind bereits in mehreren Werken — ich erwähne nur die von Singer[1], Schultheiß[1] — in bezug auf ihre Exaktheit und Gleichartigkeit untersucht worden; es genügt deshalb, die zusammenfassenden Bemerkungen der genannten Autoren, die bezüglich der Lage der Station und der Beurteilung des Materials von Wichtigkeit sind, hier kurz anzuführen. Die erste Aufstellung befand sich nach Weber[2] »in dem Westflügel der polytechnischen Schule, an der ostnordöstlichen Grenze der Stadt, nur 78 m von dem Saume des ausgedehnten Waldes entfernt, der Karlsruhe auf der nördlichen Seite begrenzt. Das Barometer steht in einem Zimmer der ersten Halbetage, das Psychrometergehäuse befindet sich vor einem Fenster desselben Zimmers in reiner Nordlage 6 m über dem mit Gras bewachsenen und mit Bäumen bepflanzten Boden«.[3] Singer[1] erwähnt die Verlegung der Station vom 25. Juli 1882 mit der Bemerkung, daß jetzt die Lage »zu wenig frei« sei. Schultheiß setzt die Beschreibung folgendermaßer fort:

[1] Singer, K., Temperaturmittel für Süddeutschland. Dissert. München. 1889. S. 53. Schultheiß, Ch., Die Temperaturverhältnisse im Großherzogtum Baden. Karlsruhe, 1908.

[2] Dr. F. Weber im I. Jahresbericht für das meteorologische Jahr 1869. S. 270.

[3] Benützt wurden bis auf Fünftelgrade geteilte Geißler'sche Normalthermometer, die gegen Strahlung durch ein luftiges Blechgehäuse geschützt waren.

»Bis zum März 1895 war das Gehäuse vor einem Nordfenster des nördlichen Seitenflüges des Gebäudes der technischen Hochschule untergebracht. Durch zwei in etwa 1 m Entfernung seitwärts angebrachte Holzwände sollte es vor Bestrahlung geschützt werden. Seit dem Jahr 1895 sind die Thermometer im Hauptbau und zwar bis zum Dezember 1898 8,3 m, von da an 12,1 m über dem Boden angebracht; seit 1896 werden die Morgentemperaturen auf einer von der Sonne nicht beschienenen Seite ermittelt. . . «[1]

Vor Gründung eines staatlichen badischen Beobachtungsnetzes im Jahre 1868 sind meteorologische Beobachtungen von Seiten des physikalischen Instituts unter Leitung von W. Eisenlohr längere Jahre hindurch im damaligen Lyzeumgebäude, wo heutzutage die Zentralanstalt für Meteorologie und Hydrographie untergebracht ist, vorgenommen worden; als jenes mit Oktober 1865 in den Ostflügel des Polytechnikums verlegt ward, wurden die Beobachtungen dort weitergeführt. Die Ablesungen geschahen die ganze Zeit hindurch vom gleichen Beobachter, bzw. einem gelegentlichen Stellvertreter desselben, dem Institutsmechaniker Heckmann, der sie in zuverlässiger Weise besorgte, und enthalten keine Lücken; es waren Doppelbeobachtungen[2], auf der Hofseite des Gebäudes in etwa 6 m Höhe über dem Pflaster vor einem Korridorfenster, wo sich noch heute eine kleine Kontrollstation befindet, und der entgegengesetzten Straßenseite gen Süden zu, Die Lage der Station in einem verhältnismäßig engen Hofe, umgeben von massigen Bauwerken, deren Steinquader die sommerliche Strahlung und winterliche Ausstrahlung noch verspätet wiedergaben, gegenüber der hohen Wand der evangelischen Kirche, war bei weitem nicht frei genug; zudem war seit Jahrzehnten die Bebauung nach der Peripherie der Stadt zu soweit vorgeschritten, daß die Beobachtungsstelle sogenannte »Stadttemperaturen« liefern mußte. Nach Verlegung der Station in das Hochschulgebäude, das damals noch sehr frei stand, waren die Bedingungen für die Beobachtungen fast ebenso günstige wie nach Gründung der staatlichen Karlsruher Station; auch jetzt fanden Doppelregistraturen statt, doch figurieren dieselben nur mehr unter den Rubriken: »Nord- und Südseite«; tatsächliche Be-

[1] **Schultheiß**, Die Temperaturverhältnisse im Großherzogtum Baden, Karlsruhe 1908. S. 31 ff.

[2] Zeitweise wurden auf der Hofseite an zwei Instrumenten Ablesungen vorgenommen.

obachtungen sind jedenfalls nur an einer der Stellen vorgenommen worden, da der Unterschied der beiden Ablesungen konstant 1° beträgt und als Durchschnittswert stets das arithmetische Mittel angenommen wurde. Die betreffenden Zahlenwerte von der Station im Lyzeum, wo das doppelte Journal durchaus nicht immer ausgefüllt wurde, differieren um Beträge zwischen o und $1^{1}/_{2}{}^{\circ}$ R. Die Ergebnisse der Beobachtungen dieser Reihe sind nur in einzelnen, losen, gedruckten Blättern veröffentlicht; ihr Verfasser ist Forstrat Dr. Klauprecht aus Karlsruhe, ein auch auf forstlich-meteorologischem Gebiete bekannter Autor, der unmittelbar nach Gründung der Zentralstation (1869) die älteren Aufzeichnungen mit Parallelbeobachtungen im botanischen Garten verglichen hat[1] — leider waren die Unterlagen dieser Arbeit nicht mehr aufzufinden; wie auch von diesen Blättern selbst nur noch ganz wenige Exemplare existieren[2]. Die von ihm berechneten Mittelwerte sind bedeutend zu hoch angesetzt; auch hat der Verfasser, der mit dem Leiter der meteorologischen Beobachtungen persönlich schlecht stand, diese nur zu einem Teile übernommen (von 1857 ab). Die älteren Beobachtungen, die vielfach auf Registrierungen im botanischen Garten gegründet sind, differieren, wie Zusammenstellungen mit Vergleichsstationen ergaben, sehr unterschiedlich mit den geprüften Werten jener Reihe.

Für die ersten Jahrgänge aus dem sechsten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts fanden sich keine Aufzeichnungen im Besitz des Institutes, dagegen sind für die vierziger Jahre wieder ausführliche Journale vorhanden, die von dem damaligen Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften am Lyzeum, Professor Stieffel, einem sehr gewissenhaften Beobachter, persönlich geführt worden. Dieselben schließen mit dem Jahre 1849 ab. Die Beobachtungsstelle, zu dieser Zeit noch recht frei gelegen, befand sich an einem Hause der Spitalstraße, etwa $4^{1}/_{2}$ m über dem Straßenniveau. Der Verfasser fand eine Fortsetzung dieser Beobachtungen in Bulletins der vom nämlichen Autor geleiteten Monatsschrift »Zeus«, außerdem in täglichen Berichten der Karlsruher Zeitung sowie in kleinen graphischen Darstellungen, die der Autor wohl später gelegentlich herauszugeben beabsichtigt hatte.

[1] Siehe VIII. Jahresbericht der Großherzoglich Badischen meteorologischen Centralstation Karlsruhe 1877. S. 73 Anmerkung.

[2] Im Besitze des Instituts.

woran ihn jedoch sein früher Tod hinderte. Am ausführlichsten sind die ununterbrochen bis zum August 1851 fortlaufenden Zeitungsberichte; sie geben die Beobachtungen von $7\,h^{hm}$, $2\,^{h}$p., $9\,^{h}$p., tägliches Maximum und Minimum wieder. Die in recht kleinem Maßstab gehaltenen Monatsblätter der erwähnten graphischen Darstellungen sind im Formate von Sektoren einer Kreisfläche angelegt, und zwar so, daß je 12 derselben, ein Jahrgang, zu einer runden Tafel zusammengestellt werden können. Diesen Registrierungen, die nur Maxima, Minima und Tagesmittel enthalten, wurden die späteren Werte (8. 1851—7. 1852) entnommen, vielfach kontrolliert durch die im »Zeus« überlieferten Monatsberichte. In jener Zeitschrift wird auch häufig auf solche Darstellungen verwiesen und es ist darum nicht ohne Interesse zu wissen, welchem Zwecke diese so sorgfältig, gar nicht unkünstlerisch ausgeführten Zeichnungen gedient haben.[1] Hat doch selbst der Nichtfachmann seine Freude an diesen Blättern, die mit ein paar Blicken den Witterungsverlauf längerer Zeiträume übersehen lassen, wenn er auch nicht alle die Details, die Stieffel noch anzubringen für nötig fand, beachten wird. Dieselben bildeten das grundlegende Material für ausführliche Wetterprognosen, die der Verfasser anfangs mit großem Vertrauen auf seine reichhaltige Sammlung von Beobachtungen und Erfahrungen im »Zeus« veröffentlichte. Sie stützten sich hauptsächlich auf die an und für sich nicht unrichtige Wahrnehmung, daß der Witterungsverlauf gewisser Jahreszeiten sich gelegentlich wiederholt, bzw. einen ähnlichen Charakter zeigt — Beispiel: Kälterückfälle des Mai und Juni, Altweibersommer September/Oktober —, und da der Gelehrte in langwieriger, peinlicher Arbeit durch Aufzeichnung der täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur, des Drucks, der Bewölkung und andere »Meteore« ein sehr reichhaltiges Material zusammengestellt hatte, so glaubte er, mit Hilfe desselben weitgehende Prognosen (über einen Monat) geben zu können. Anfänglich hatte er auch einigen Erfolg, aber bald enttäuschten die sich mehrenden Fehlschläge sowie die umständliche und vielfach recht schwer verständliche Formulierung der Prognosen die Anhänger seiner Theorie. Die Zeitschrift verlor ihre Abonnenten

[1] Näheres in Treutlein, P., »Der Karlsruher Meteorolog Ph. Fr. Stieffel, (1797—1852)«. Vorträge, gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe, Karlsruhe 1892, S. 52 ff.

und die letzten Jahre seines Lebens wurden dem Autor durch mancherlei Schwierigkeiten, darunter auch solche finanzieller Art, und die mißgünstige Aufnahme, die sein immerhin ein wenig kühnes Unternehmen in einigen Kreisen fand, leider recht verbittert.

In denselben Jahren, in denen Professor Stieffel beobachtete, bestand bereits in dem frei am Rand des ausgedehnten Hardtwaldes gelegenen botanischen Garten eine kleine Parallelstation (Wetterwarte). Ihre im Original nicht mehr vorhandenen Aufzeichnungen waren privatim von der Hofgärtnerei veranstaltet und durch einen Gartenaufseher vorgenommen worden. Auszüge davon sind regelmäßig im Karlsruher Tageblatt veröffentlicht worden; der Verfasser hat dieselben für die in Frage kommende Zeit, das erste Lustrum der 50er Jahre und einige Abschnitte aus den folgenden Jahrgängen, gesammelt und mit den Parallelbeobachtungen Heckmanns und Stieffels verglichen. Leider wurden solche Zusammenstellungen durch einige Mängel erschwert. Einmal war die Beobachtungszeit, 6^ha., 12^hp. und 6^hp., eine wenig günstige; andererseits auch die Aufstellung des Instruments eine schlechte. Dasselbe befand sich in $1^1/_2$ m Höhe über einem Rasenbeet und war gegen Strahlung nur höchst ungenügend durch einen kleinen schachtelartigen Bretterschirm gedeckt, der von der Sonne selbst rach durchwärmt werden konnte und nur in den Morgen- und frühen Nachmittagsstunden Schutz bot. Wegen dieser mehrfachen nachteiligen Einflüsse wurde die Reihe nur für jene wenigen Jahre benützt, in denen die übrigen Beobachtungen eine Lücke aufwiesen: Aug. 1852—Dez. 1854.

Für die älteren Beobachtungen, die ein für speziellere Zwecke nicht mehr recht brauchbares Material darstellen und mehr nur zum Vergleich der Wärmeschwankungen über längere Zeiträume hin hier mitgeteilt wurden[1], genügt ein kurzer Hinweis.

Erhalten sind uns im Originale die Aufzeichnungen der Beobachtungen der ersten drei Jahrzehnte des Jahrhunderts; von denen des vierten sind die Jahrgänge 1835—1840 wie die der ersten fünfziger Jahre nur in täglichen Bulletins des Karlsruher Tagblatts vorhanden. Die Beobachtungstermine waren keine festen; dieselben schwankten zwischen 6 und 8 a.m., 1 und 3 p.m.

[1] Siehe 5. Tabelle.

und 9 und 11 p.m.; doch lassen sie sich durchschnittlich etwa auf 7, 2, 10^h normieren, wie eine Reihe von Proben erwies[1]. Die Beobachtungsstation befand sich die ersten drei Jahre in einem Hause des inneren Zirkel (Nr. 9) unweit der heutigen Karl Friedrich-Straße, von 1805—1840 im Lyzeumgebäude in etwa 6 m Bodenhöhe, durch den Bau selbst gegen Sonnenstrahlung einigermaßen geschützt. Anfangs war die Lage eine günstigere als später, nachdem die Bebauung der Umgebung fortgeschritten, und die noch freie Ostseite des Hofes hinter der Anstalt durch einen Flügelanbau abgeschlossen worden war[2]. Die Beobachtungen leitete bis zum Mai 1821 E. W. Böckmann, Professor am Lyzeum zu Karlsruhe, ein Sohn des Gründers der ersten badischen Wetterwarte (Ende der siebziger Jahre des 18. Jahrhunderts zu Karlsruhe); nach seinem Tode Professor L. A. Seeber von Mai bis Dez. 1821 und von Dez. 1821—Nov. 1834 sein Nachfolger, Professor Wucherer[3], der bereits in Freiburg meteorologische Beobachtungen vorgenommen hatte. Die folgenden Jahrgänge bis zum Beginn der veröffentlichten Aufzeichnungen Stieffels, Jan. 1835—Sept. 1840, die wie erwähnt nur in Zeitungsberichten uns erhalten sind, stammen von Seeber; die Werte für den Dez. 1834 sind bereits Stieffels Journalen entnommen.

Die Reduktion.

Die Reduktion der neueren Beobachtungen seit Errichtung der badischen Zentralstation beruht auf Vergleichen des jährlichen Wärmegangs der Beobachtungsstelle mit solchen Stationen, die nachweislich längere Zeit keine Veränderung in der Aufstellung ihrer Instrumente zeigten, und wo die lokalen Faktoren, die von Einfluß auf den Temperaturgang, dieselben blieben. Bei einem Vergleiche mit einigen badischen Stationen bestätigte sich die Angabe Singers[4], daß durch allmähliche Verbauung der anfänglich

---

[1] Beispiel: Juli 1817. Morgentermin im Durchschnitt 6^h 40 a. Mittagstermin 2^h 36 p. Abendtermin 10^h 10 p.

[2] Von 1807 ab. Siehe: Festgabe zum Jubiläum der 40. jähr. Regierung Sr. Kgl. Hoheit des Großherzogs Friedrich von Baden, Karlsruhe 1892. Geschichte des physikal. Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe von O. Lehmann. Seite 231.

[3] Unter Wucherer wechseln die Beobachtungstermine öfters; gelegentlich sind wie bei seinen Vorgängern Ausschnitte aus der Tageschronik und phänologische Notizen beigefügt.

[4] Singer, K., Temperaturmittel für Süddeutschland, München 1859. S. 54.

so günstigen Lage der Station eine Zunahme der jährlichen Mitteltemperatur um etwa 0,3—0,5° stattgefunden habe. Es sind nämlich die Differenzen mit

in Zehntelgraden						
Mannheim				Buchen	Donaueschingen[1]	Basel nach Schultheiß[2]
	1876–80	1881–85	1886–90			
Wint.	−0.2°	−0.2°	−0.0°	1871—75 +1.9°	+3.4°	1886—94
Früh.	−0.6°	−0.5°	−0.5°	1876—80 +2.0°	+3.6°	+0.5°
Somm.	−0.8°	−0.7°	−0.5°	1881—85 +2.1°	+3.7°	1895—98
Herbst	−0.6°	−0.3°	−0.3°	1886—90 +2.3°		+0.3°
Jahr	−0.55°	−0.42°	−0.32°	1891—94 +2.3°		
				1895—98 +2.1°		

Die Korrektion wurde, da der Einfluß der zunehmenden Bebauung sich nicht plötzlich, sondern allmählich zeigte, unter ziemlich gleichmäßiger Verteilung ihrer Beträge auf den Zeitraum 1871—1890 eingestellt, und die einzelnen Jahresmittel in folgender Weise berichtigt:

Jahrgänge		
1869—1875	um	+0.2°
1876—1879	„	+0,1°
1880—1881	„	—
1882—1885	„	−0.1°
1886—1895 März		−0.2°

Belege für eine größere Abweichung des Wertes dieser Korrektion in den einzelnen Jahreszeiten ergaben sich nicht; vielmehr schwankten je nach dem Charakter der Witterung die Differenzen um ganz kleine Beträge, und es erschien darum rätlich, an den Jahres-, Monats- und Pentadenmitteln stets die nämlichen Verbesserungen anzubringen. Eine kleine Ausnahme glaubte der Verfasser für die Sommermonate von 1882 ab bis 1895 eintreten lassen zu dürfen, da in dieser Zeit die späterhin eingeführte Ablesung der Morgentemperaturen auf der nicht durch die Sonnenstrahlung beeinflußten Westseite des Gebäudes mangelte, und sich aus der Differenz der vor und nach 1895 eingesetzten Werte der Morgentemperaturen mit den Tagesmitteln ergibt, daß

[1] Schultheiß, Ch., Die Temperaturverhältnisse im Großherzogtum Baden. Karlsruhe 1908. S. 32.

die älteren knapp $^1/_2{}^\circ$ zu hoch liegen. Korrektion für jeden der Monate Mai bis August —0.1°[1].

Die Beobachtungen dieser Zeit sind im allgemeinen zuverlässige gewesen, so daß die reduzierten Werte bis auf einige Zehntelgrade den wirklichen Beträgen entsprechen werden. Allerdings vermindert sich mit jedem weiteren Jahrzehnt, das man zurückgeht, die Genauigkeit der Beobachtungen, aber es stellen ja diese reduzierten Ziffern immer nur angenäherte Werte dar. Nach Mitteilungen von Seiten des Leiters des badischen Wetterdienstes, Professor Schultheiß, kann erst etwa seit dem zweiten Lustrum der achtziger Jahre die völlige Zuverlässigkeit der Beobachtungen verbürgt werden. Immerhin ist aber auch das ältere Material, wie die mittleren Differenzen mit mehreren benachbarten Stationen zeigen, so namentlich die Beobachtungsreihe von Würtenberger, durchaus kein schlechtes, und es dürften höchstens ein paar Werte aus den ersten siebziger Jahren, die etwas tief zu liegen scheinen, eine kleine Ausnahme bilden; doch sind die Fünfjahresmittel dadurch nicht weiter beeinflußt.

Die erwähnten ungünstigen Umstände verlangten immer gebieterischer ein Einschreiten; die anderweitige Unterbringung der Station im Juli 1882 war ohne Wirkung geblieben, und erst die Verlegung im März 1895 brachte gründliche Abhilfe. Vergleiche zwischen den Wärmemitteln an den beiden Aufstellungen, die allerdings nur zwei Monate hindurch vorgenommen werden konnten) ergaben damals eine Temperaturerniedrigung von etwa einem halben Grad. Nach Differenzen mit einigen badischen Stationen dürfte dieser Betrag im Jahresmittel um ein geringes zu hoch sein und 0.3° C wohl nicht übersteigen. Da die Mittel der vorhergehenden Jahre um 0.2° zu hoch angenommen waren, so mußte für die nächsten Jahre ein positiver Korrektionswert von +0.1° eingesetzt werden.

Differenzen nach:

	Buchen	Bretten (bis 1897)	Baden
1891—94	+2.35°	+1.2°	+0.6°
1895—98	+2.1 °	+1.0°	+0.4°
1899—02	+2.25°		+0.5°

[1] Siehe Tabelle IV. Anhang.

Im Oktober 1898 wurde die Station zum letzten Male verlegt; diese Veränderung hatte gemäß obiger Tabelle wieder eine geringe Erhöhung der Mittelwerte zur Folge, die auf 0.1° bestimmt wurde; von da an wird wohl trotz des weiteren Anwachsens der Stadt die mittlere Wärme ungefähr die gleiche geblieben sein.

Korrektionsbeträge für:

April 1895 bis Oktober 1898	+0.1°
Juli 1882 bis August 1895 Sommermonate Mai bis August	−0.1°

Die Reduktion der Heckmannschen Beobachtungen 1855—1868 geschah unter Benützung der Vergleichsstationen Basel, Straßburg, Mannheim und Frankfurt[1]. Zunächst wurden die Differenzen der Monatsmittel der genannten Stationen mit Karlsruhe graphisch festgelegt. Schon aus dieser Darstellung ergab sich, daß die Reihe eine nach Abschnitten getrennte Behandlung verlange. Von Frühjahr 1860 ab ist nämlich der jährliche Verlauf der Differenzen ein abweichender; dieselben erreichen nicht mehr jene hohen Werte, die die Sommermonate der letzten fünfziger Jahre ergaben, weisen dagegen eine umgekehrte Periode mit Minimum in der wärmeren Jahreszeit auf. Es liegt nun nahe, jene Änderung auf Verbesserungen in der Aufstellung der Instrumente durch Anbringung von Schutzvorrichtungen gegen Strahlung zurückzuführen[2]; denn während aus dem Gange der Differenzen in den Wintermonaten Ungleichmäßigkeiten nicht zu ersehen sind, werden nun die Wärmeüberschüsse der Sommermonate um ein beträchtliches geringer als die der winterlichen Jahreszeit. Die Einflüsse der »Stadtlage«, die sich in einer erhöhten Wintertemperatur geltend machen, fallen erst mit der Verlegung der Beobachtungsstelle an die Stadtperipherie Oktober 1865 weg; im Sommer wird die stärkere Erwärmung des städtischen Weichbildes nur bei größerer Ausdehnung desselben und an besonders heißen Tagen durch Erhöhung der Abendtemperaturen stärker bemerkbar; da aber gerade Ende der fünfziger Jahre warme Sommer einander folgten, so werden die großen Differenzen jener Monate zum Teil auch diesem Umstande zur Last gelegt werden dürfen; es wurden deshalb für einzelne dieser Mo-

[1] Das Klima von Frankfurt am Main. Frankfurt 1901.

[2] Das Temperatermittel für 9^h p war vorher zu hoch.

nate noch besondere kleine Korrektionen beigefügt. Zwecks Beseitigung all' dieser Abweichungen wurden nun fünfjährige Differenzen mit Frankfurt und Basel gebildet, zwei Beobachtungsorten, die ziemlich gleich weit in entgegengesetzter Richtung von Karlsruhe entfernt sind und bei nicht allzu verschiedener Lage einen ähnlichen Gang der meteorologischen Elemente sowie zuverlässigere Beobachtungen aufweisen. Mit dieser Reduktion verschwinden denn auch die erwähnten »Stadttemperaturen«; denn wenn auch die reduzierten Frankfurter Beobachtungen an demselben Mangel leiden — sie zeigen für die in Betracht kommenden Jahre 1857—59 einen ähnlichen Wärmeverlauf wie Karlsruhe —, so sind doch die Mittel von Basel (Beobachtungsstelle Domhof), die mehrfachen Korrektionen unterzogen wurden, zum Ausgleiche etwas zu niedrig angesetzt[1].

Die Beträge, um welche die Wärmemittel der Heckmann'schen Reihe ermäßigt werden mußten, sind, nach Jahresabschnitten geordnet, folgende:

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1857—1860	1.2°	1.2°	1.3°	1.5°	1.5°	1.5°	1.5°	1.6°	1.7°	1.4°	1.1°	1.1°
1861—1865	1.2°	1.3°	1.1°	0.9°	0.8°	0.6°	0.6°	0.7°	0.9°	1.0°	1.1°	1.1°
1866—1868	0.0°	0.0°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.0°

Was nun die Sorgfältigkeit anbelangt, mit der die Beobachtungen vorgenommen wurden, so ist sie wohl dem Maßstab, den man damals an dieselben legte, entsprechend. Die Registrierungen der sechziger Jahre weisen noch recht gleichmäßige Differenzen mit jenen der Wetterstellen von Straßburg, Mannheim, Basel und Frankfurt auf. In den früheren Jahren sind aber auch die Beobachtungen Heckmanns nicht mehr so sorgfältiger Art, und einige Mittelwerte der Jahre 1855 und 1856 waren in dieser Hinsicht zu beanstanden.

Die Vergleichung der Aufzeichnungen von 1866—1868 wurde in ähnlicher Weise vorgenommen; als Abweichungen von den normalen Werten ergaben sich hier nur unerhebliche Beträge. Die Beobachtungsstelle, die sich von Oktober 1865 an bereits

[1] Stark korrigierte Werte: Strub, W., Die Temperaturverhältnisse von Basel. Basel 1910. S. 16ff, S. 93.

im neuen Polytechnikumsgebäude befand, muß demnach unter nicht viel weniger günstigen Bedingungen gestanden haben, als die nach Gründung des badischen Beobachtungsnetzes eingerichtete; sind doch die Differenzen zweier Monate, von denen Doppelbeobachtungen vorliegen, minimale (0.1°).

Die Beobachtungsreihe vom botanischen Garten wurde ebenfalls nach Differenzen mit den Stationen Basel und Frankfurt ausgeglichen; die Reduktion der Stieffel'schen Beobachtungen erfolgte in der nämlichen Weise, jedoch unter der Modifikation, daß die gewonnenen Werte gleichmäßig um einen bestimmten Betrag erhöht wurden, der sich aus einem Vergleich mit den Lustrenmitteln weiterer Stationen ergab.

Die monatlichen Reduktionsbeträge waren folgende:

Stieffels Reihe, 1. 1841—7. 1852

0.6° 0.8° 1,0° 1.1° 1.2° 1.3° 1.4° 1.5° 1.4° 1.1° 0,8° 0.6°

Bei der Reduktion der älteren Beobachtungen war es nur möglich, angenäherte Werte zu bringen; denn wenngleich die Aufzeichnungen lückenlose sind, meist in den besten Händen lagen und die Beobachtungsstelle von 1805—1840 nicht wechselte, so verhindert doch der Mangel völlig brauchbarer Vergleichsstationen, das Nichteinhalten regelmäßiger Ablesetermine, die späterhin nicht mehr kontrollierbaren Wirkungen von Strahlungseinflüssen, gelegentlicher Einführung neuer Instrumente die Feststellung exakter Mittelwerte. Dieselben sind aus diesem Grunde nur in ganzen Zahlen angegeben[1]. Zur Reduktion wurde die Basler Reihe von 1831—1840 benützt:

monatliche Korrektionswerte:

0.4° 0.6° 0.7° 0.8° 0.8° 0.7° 0.7° 0.9° 1.1° 0.9° 0.6° 0.4°

Jahr: 0.7°

[1] Hat man doch erst in letzter Zeit recht erkannt, wie fragwürdig solche fiktiven Werte aus älterer Zeit sind, und wie bereits geringfügige Änderungen in der Aufstellung der Instrumente Unterschiede der Mittel von mehreren Zehntelgraden zur Folge haben, ganz abgesehen von der oberflächlichen Handhabung des Wetterdienstes. Aber selbst neuere Bearbeitungen, wie die über das Klima von Frankfurt und die älteren Wärmemittel von Wien bringen noch auf Zehntelsgrade abgerundete Beträge, die den wahren Werten unmöglich entsprechen können.

Die gewonnenen Beträge jedoch mit Rücksicht auf die freiere Lage der Station in den ersten beiden Jahrzehnten des Jahrhunderts um 0.1° bis 0.4° ermäßigt. Die Tabelle zeigt die Art dieser Reduktion, bringt Vergleiche mit älteren Reihen fremder Stationen und die in Lustrenmitteln dargestellten Ergebnisse.

Temperaturextreme.

Die neu gewonnenen Mittelwerte liefern uns für die Extreme der Wärmeschwankungen nicht unerhebliche Ergänzungen. So brachte die Wärmeperiode der fünfziger und sechziger Jahre vor allem für die Sommermonate Höchstwerte, welche, selbst wenn man alle verfügbaren Aufzeichnungen bis ins vorletzte Jahrhundert zurück in Betracht zieht, nicht übertroffen wurden. Vor Anbringung der geprüften Korrektionen hielt man diese Wärmeanomalien für noch weit beträchtlicher; nun können sie, aufs rechte Maß zurückgeführt, auch mit den offiziellen Beobachtungen der letzten vierzig Jahre in Vergleich gebracht werden. Ein so extremer Juli, wie beispielsweise der vom Jahre 1859, Monate wie der April 1865, Mai 1868, Juni 1858 kommen im Laufe eines Jahrhunderts wohl nur einmal vor. Die absoluten Werte übersteigen die bisher bekannten Extreme seit dem Jahre 1869 um folgende Beträge:

$$\text{April}\left\{\frac{1865}{1869} = \frac{13.6^\circ}{12{,}5^\circ}\text{ um } 1.1^\circ \qquad \text{Mai}\left\{\frac{1868}{1889} = \frac{18.8^\circ}{16.3^\circ}\text{ um } 2.5^\circ\right.\right.$$

$$\text{Juni}\left\{\frac{1858}{1877} = \frac{21.5^\circ}{19.9^\circ}\text{ um } 1.6^\circ \qquad \text{Juli}\left\{\frac{1859}{1911} = \frac{23.0^{\circ 1}}{21.9^\circ}\text{ um } 1.1^\circ\right.\right.$$

$$\text{Dez.}\left\{\frac{1868}{1880} = \frac{7.1^\circ}{6.3^\circ}\text{ um } 0.8^\circ \qquad \text{Som.}\left\{\frac{1859}{1911} = \frac{20.7^\circ}{20.1^\circ}\text{ um } 0.6^\circ\right.\right.$$

Der Monat August des letztgenannten Jahres (1911) war dagegen selbst der wärmste seit hundert Jahren.

Aus dem ältesten Beobachtungsmaterial, wie es uns in den Aufzeichnungen der Mannheimer Ephemeriden (deren Werte auch für Karlsruhe einsetzbar sind), der Karlsruher Tagebücher von

[1] Die Hitzeperiode vom 15. Juli bis 15. August 1911 hatte ebenfalls ein Temperaturmittel von über 23 C°.

Böckmann, Seeber und Wucherer vorliegt (übersichtlich zusammengestellt auf einzelnen gedruckten Blättern von Forstrat Professor Klauprecht 1869), habe ich noch, soweit Reduktionen es zuließen, weitere Extremwerte zum Vergleich gebracht[1]. Positive Anomalien kommen hier weniger in Betracht; dagegen bringen uns die kühleren Perioden zu Ende des vorvergangenen und gegen Mitte des 19. Jahrhunderts einige stärkere negative Abweichungen, beispielsweise das Jahr 1816 den kältesten Sommer des Jahrhunderts mit etwa 15.7° Durchschnitt (noch um über 1° kälter als die ungünstigen Sommer von 1913, 1909, 1888, 1882 und 1860). Der rauheste Winter war derjenige von 1829/30 (mit —5°).

Die folgende Tabelle zeigt uns die im Laufe von etwa anderthalb Jahrhunderten vorkommenden Extreme sowie die absoluten Schwankungen der Monats- und Jahresmittel[2]:

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Absolutes Maximum	6°	7.3°	10°	13.6°	18.8°	21.5°	23.0°	21.8°	17.5°	13°	9°	7.1°
Jahrgänge	1834 1796	1869	1822	1865	1868	1858	1859	1911 1807	1895	1811 1795	1852	1868
Absolutes Minimum	−8°	−6.1°	−1°	6°	10.5°	14.2°	16°	15°	10.2°	5.5°	−0.5°	−8.5°
Jahrgänge	1830 1795	1895	1845	1812 1771	1902	1871	1913 1816	1844 1785	1912	1784	1858	1879 1788

Winter 1829/1830 —5° Sommer 1816 +15.7°
» 1833/1834 } +5° » 1846 } +20.7°
» 1868/1869 } » 1859 }

Jahr 1829 +8.1°
Jahr 1822 +11.7°

[1] Siehe Tabelle III.

[2] Einige Werte aus dem 18. Jahrhundert sind reduziert nach Mannheimer, Frankfurter und Pariser Beobachtungen, wie sie in den Mannheimer Ephemeriden 1781 bis 1792, dem 1902 in Frankfurt erschienenen Werk: Das Klima von Frankfurt a. Main und den Annales du Bureau Central Météorologique de France Année 1887. B. 211 ff. wiedergegeben sind. Siehe auch Tabelle VI.

Absolute Schwankungen.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
14°	13.4°	11°	7.6°	8.3°	7.3°	7.0°	6.8°	7.3°	7.5°	9.5°	15.6°

Winter	Sommer	Jahr
10°	5°	3.6°

Nach dieser Zusammenstellung erreichen die positiven Abweichungen ihr Maximum im Dezember, ihr Minimum im Frühherbst, doch sind die einzelnen Beträge nicht sehr viel von einander verschieden; die negativen Extreme übersteigen jedoch in den Wintermonaten die sommerlichen Werte um das Doppelte. Stellt man diese Anomalien in einer Kurve graphisch dar, so zeigt sich, daß ein noch längerer Zeitraum von Beobachtungen erforderlich wäre, damit überall den absoluten Werten möglichst angenäherte Beträge gegeben werden können; namentlich weisen April, Oktober und Novemher noch kleine Fehlbeträge auf; doch wird die Kurve selbst bei Erfüllung dieser Voraussetzung keinen völlig gleichmäßigen Verlauf aufweisen, da einzelne Unregelmäßigkeiten durch den jahreszeitlichen Witterungscharakter bedingt sind. Gerade das anomale Verhalten der beiden Spätherbstmonate ist darauf gegründet; während der Dezember unter Umständen zu den strengsten Wintermonaten gehören kann, sind die Bedingungen starker negativer Anomalien, Bildung einer dauernden Schneedecke und anhaltende strenge Kälte, vorher fast ausgeschlossen; die spätherbstliche Witterung trägt ein ruhigeres Gepräge, das in einer stetigeren Luftdruckverteilung und in einer geringeren Veränderlichkeit der Temperaturmittel zum Ausdrucke kommt.

Jährlicher Gang der Temperatur.

Die aus den Fünftagesmitteln[1] gewonnene Jahreskurve der Temperatur zeigt einige bemerkenswerte Eigenschaften. Unregelmäßigkeiten im Verlauf derselben, die man als Zufälligkeiten ansprechen mußte, wenn die Mittelwerte kürzeren Zeiträumen entnommen waren, treten in der längeren Periode von 60 Jahren (1851—1910) deutlich ausgeprägt heraus. Vergleicht man ihren

[1] Vgl. Tabelle V und VII.

wirklichen Verlauf mit dem einer normalen Jahreskurve, so treten die Abweichungen am deutlichsten hervor. Nachdem die Kurve ihren tiefsten Punkt gegen Mitte Januar erreicht hat, beginnt sie allmählich anzusteigen, bis in der zweiten Dekade des Februar ein Kälterückfall diese Bewegung unterbricht. Dieser ist jedoch kein sehr auffälliges Phänomen; wenige kräftig einsetzende Kälteperioden genügten ja bei der starken negativen Wärmeanomalie, die sie in dieser Jahreszeit mit sich bringen können, bereits, auch ein langjähriges Mittel um den Betrag von einigen Zehntelsgraden zu erniedrigen; und die Häufigkeit, mit der er auftritt ist keine bedeutende. Gegen Mitte des März folgt ein ähnlicher von andern Autoren ebenfalls erwähnter, etwas schwächerer Temperatur-Rückfall, nachdem das Ende des Februar und die ersten Märztage bereits höhere Tagesmittel lieferten. Ende des genannten Monats setzt eine ganz entschiedene Wärmezunahme ein, die sich dann gegen die Monatswende zum Mai etwas verlangsamt. Die Kälterückfälle dieses Monats, die unter dem Namen der »Eisheiligen« bekannt sind, kommen infolge ihres zeitlich wechselnden Auftretens in den Mittelwerten gar nicht zum Vorschein, viel intensiver treten hingegen die im allgemeinen bedeutend schwächer empfundenen Wärmerückgänge von Mitte Juni hervor, welche auf unserer Zeichnung die stärkste Störung der Kurve darstellen.

Ausgeprägter als in manchen andern Reihen machen sich die sommerlichen Wärme- bezw. Schönwetterperioden geltend — die größeren positiven Abweichungen sind eben in dieser Jahreszeit von der Stärke der Einstrahlung (Sonne) abhängig —. In den hier untersuchten Fällen der letzten 20 Jahre ergab sich denn auch — für alle hier in Betracht kommenden Perioden — eine auffallende Häufigkeit des Vorkommens; durchschnittlich war ein Verhältnis von 2:3 festzustellen. Die erste der Perioden liegt um die Monatswende Mai/Juni, sie zeigt als Gegenstück des folgenden Wärmeausfalls die ausgeprägteste Form. Ende Juni ist wieder ein kleiner Höhepunkt zu erkennen; bis zur dritten Julipentade steigt von da an die Kurve kaum merklich. Um den 20. oder 25. des Monats ist der Wendepunkt erreicht; doch hält sich dann die Wärme bis etwa zum 20. August, der ebenfalls als bevorzugter Termin gelten muß, auf ziemlich gleichem Stande; dann folgt die erste stärkere Senkung; der Wärmerückschritt wird zu Beginn

des September wieder etwas aufgehalten (3. Wärmeperiode); derselbe Vorgang wiederholt sich am Monatsschluß (4. Wärmeperiode). Wegen der stärkeren Ausstrahlungswirkungen treten die zuletzt erwähnten Perioden besserer Witterung, von denen die zweite mit unserem »Alteweibersommer« identisch ist, weniger als besonders warme Zeitabschnitte hervor; aber sie bewirken immerhin eine Unterbrechung der Kurve auf ihrem absteigenden Aste. Noch einmal verlangsamt sich der Rückgang der Temperatur gegen Schluß des November; doch hat diese Störung keinen auffälligen Charakter.

Eine ganz bestimmte Drucklage läßt sich mit der Mehrzahl dieser Wärmeperioden nicht in Verbindung bringen. Im Frühsommer drängen sich Hochdruckgebiete häufig von Westen oder Nordwesten in den Kontinent hinein und bedecken dann bald mehr den zentralen bald mehr den nördlichen Teil desselben, während im Spätjahr barometrische Maxima sich vielfach im Osten des Erdteils konzentrieren, und dann die Erwärmung sich unter Mithilfe südlicher Luftströmungen einstellt. Immerhin aber ist stets eine größere Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß in diesen Zeitabschnitten kräftigere Gebiete hohen Druckes über dem kontinentalen Europa zur Herrschaft kommen.

Klimaschwankungen.

Durch Vergleiche mit einer Anzahl möglichst ungestörter Beobachtungsreihen benachbarter Stationen wie Frankfurt, Basel, Stuttgart, Straßburg, Paris, wurde auch der Versuch gemacht, die älteren nur mit Vorbehalt vergleichbaren Temperatur-Aufzeichnungen von Böckmann, Wucherer und Seeber — die Stieffelsche Reihe konnte wegen ihrer besseren Zuverlässigkeit ohne kompliziertere Korrektionen übernommen werden — auf richtige Mittelwerte (und zwar nur Lustrenmittel) zu reduzieren. Bei der Berechnung erschien es vorteilhaft, stets den Unterschied von je zwei aufeinander folgenden Fünfjahresmitteln der Korrektion zu Grunde zu legen, in der Annahme, daß solche zeitlich benachbarten Abschnitte am ehesten noch die tatsächlichen Schwankungen der Wärmemittel wiedergeben würden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen.

Differenz der Lustrenmittel gegen das nächstfolgende Lustrum:

Lustrum	bei						
		Basel	Frank-furt	Karlsruhe n. Klau-precht	Straß-burg	Paris	Karlsruhe korrigiert
1851—55	Mittel	8.8	9.2	—	9.6	10.3	9.3
1846—50	Diffe-	+ 2	+2	—	+5	+4	9.8
1841—45	renz in	− 0	−3	− 5	−5	−5	9.3
1836—40	Zehn-tels-	− 3		—	+1	+1	9.4
1831—35	graden	+10	Regens-	+ 5	+6	+9	9.7
1826—30		− 5	burg	− 2	−5	−6	9.5
1821—25				+ 8			10.5
1816—20			−8	−12			9.4
1811—15[1]			−1	+ 0			9.5
1806—10				+ 2			9.9
1801—05			−3	− 2			9.6

Nach derselben lassen sich entsprechend den Resultaten der Untersuchungen Brückners[2] zwei weitere warme Perioden um die zwanziger Jahre des vergangenen und in den neunziger Jahren des 18. Jahrhunderts festlegen. Die tiefsten Lustrenmittel fallen zusammen mit den Zeiten, die als Not- und Teuerungsjahre bekannt sind, so die von 1812—16 und von 1851—55. Diese Zusammenstellung bestätigt aber auch wieder, daß die Brücknerschen Schwankungen in ihrem Ausmaße ziemlich unterschiedlich sind und eine Regelmäßigkeit nur in geringem Umfang erkennen lassen. Mitten in die genannten warmen Perioden fallen beispielsweise in unserem Gebiete eine Anzahl abnorm kalter Winter wie diejenigen von 1784 und 1789, von 1827 und 1830, welche die betr. Lustrenmittel unter den normalen Wert erniedrigen; und in die kalten Perioden zu Anfang des Jahrhunderts die warmen Jahre 1806 und 1807 und der Sommer von 1811, der die berühmte Weinernte gezeitigt hat. Am besten stimmt hinsichtlich der Dauer der Perioden die Zeiteinteilung, wie sie Richter in seiner Abhandlung: »Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher«[2] für den Ausfall der Weinernten angibt:

warme Zeit 1821—35
kalte » 1836—55
warme » 1856—75
kalte » 1876 ab

[1] 1812—16 +9.0°.
[2] Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins. Jahrg. 1891, S. 44.

weniger gut eine Scheidung in Abschnitte entsprechend den Bewegungen der Gletscher, wo ja mehr ein Wechsel in der Größe der Niederschlagsmengen als Schwankungen der Temperatur in Betracht kämen, und jede derartige Wirkung sich örtlich differenziert und sehr verspätet geltend macht. Die Tabelle II im Anhang gibt sämtliche Perioden mit ihren Temperatur-Mittelwerten an.

Recht deutlich treten diese Schwankungen in einer Zusammenstellung der Mitteltemperaturen von je fünf aufeinanderfolgenden Wintern bezw. Sommern hervor, entsprechend einer Berechnung, wie sie Strub[1] für Basel gegeben hat. Seit 1897 sind die Mittel der Wintermonate andauernd übernormale, und während die letzte warme Periode der sechziger Jahre nur 7 zu warme Winter brachte, zeitigte die gegenwärtig zu Ende gehende bereits über 15. Zum Ausgleiche sind dafür in der kälteren Gruppe der achtziger Jahre wieder eine Anzahl milder Winter zu verzeichnen.

Ihrer Zeitdauer und Intensität nach sind die einzelnen Perioden recht unterschiedlich. Den warmen Jahren zu Ausgang des 18. Jahrhunderts folgte eine kürzere kältere Periode; der ebenfalls nur etwa 15 Jahre dauernden intensiveren der zwanziger Jahre eine längere, mehrfach unterbrochene kältere Zeit, um die Mitte des letzten Jahrhunderts, die, wenn man nur die Winter berücksichtigen wollte, noch erheblich in die nächsten Wärmeperioden eingreifen würde (kalte Winter noch im 2. Lustrum der zwanziger Jahre und bis zum Anfang der sechziger Jahre). Die sich anschließende wärmere Periode kulminierte in den sechziger Jahren und reichte mit ihren heißen trockenen Sommern bis über die Mitte der siebziger hinein, während die ihr der Länge nach entsprechende sie ablösende kältere Zeit anfangs nur unternormale Winter, später bei milden Wintern sehr feuchte, kühle Sommermonate aufwies. Mit dem Lustrum 1886/90, das ein Mittel von nur 9 C° (—0.7° unter dem Durchschnitt) hat, ist ihr Höhepunkt erreicht, doch greifen die kälteren Winter gerade wie bei der vorhergehenden kühleren Periode noch ein gut Stück in die wärmere hinein, die man etwa mit den Jahren 1892 oder 1893 beginnen lassen kann. Die folgenden Jahresgruppen zeitigten verhältnismäßig geringere positive Abweichungen, jahreszeitlich namentlich im Frühling und Sommer den Durchschnitt gerade nur erreichend; dagegen stellten sich in fast ununterbrochener

[1] Strub, W., Die Temperaturverhältnisse von Basel, S. 125.

Folge milde Winter ein, so daß beispielsweise von den vergangenen 13 Sommern des 20. Jahrhunderts 6 zu den kühlen zu rechnen sind (0.6° und mehr unterm Mittel), während nur 1 Winter, der von 1901, um einen im Verhältnis entsprechenden Betrag unternormal war.

Extreme Sommer und Winter seit 1856.

	Sommer		Winter[1]	
	mit 19°	unter 17 3/4°	mit 2 1/2°	unter 0.0°
1. Warme Periode 1856—1875	1857 1858 1859 1861 1865 1868 1873 1874 1875	1860 1864 1869 1871	1859 1863 1866 1867 1869 1873	1858 1865 1870 1871
2. Kalte Periode 1876—1893	1876 1877 1881 1887	1882 1886 1888 1890 1891	1876 1883 1884 1885	1876 1880 1887 1888 1889 1891 1893
3. Warme Periode 1893—1913?	1893 1897 1900 1904 1905 1911	1903 1907 1909 1910 1912 1913	1898 1899 1902 1903 1906 1910 1912 1913	1895 1901

1. Warme Periode 1856—1875

	warme	kalte
Sommer . .	**9**	4
Winter . .	6	4

2. Kalte Periode 1876—1893

	warme	kalte
Sommer . .	4	5
Winter . .	4	**7**

3. Warme Periode 1893—1913?

	warme	kalte
Sommer . .	6	6
Winter . .	**8**	2

Die mit diesen Jahren zu Ende gehende warme Periode unterscheidet sich demnach von der vergangenen durch das häufige Auftreten sehr milder Winter, während warme Sommer, wie sie in den letzten fünfziger, den sechziger und siebziger Jahren die Regel bildeten, nur spärlich vertreten waren; ein Ergebnis, das auch in der abnehmenden Häufigkeit guter Weinernten seine Parallele findet.

[1] Zum Winter des bezeichneten Jahrgangs wird stets der vorangehende Dezembermonat hinzugerechnet.

Lustrenmittel, 10-, 30- und 60jährige[1] Temperaturmittel Tab. I

Lustrum	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1851—55	1.4	0.7	*3.8*	*8.8*	13.3	17.0	19.0	18.4	14.0	10.2	4.2	0.8	9.3
1856—60	1.0	1.4	5.1	9.7	13.7	**18.5**	19.2	**19.3**	15.2	10.7	*2.6*	1.8	9.9
1861—65	−0.4	2.2	5.7	**10.8**	**15.0**	17.5	19.1	18.6	15.2	10.6	5.4	0.9	10.0
1866—70	1.4	**4.4**	4.3	10.6	15.0	17.7	19.8	17.7	15.4	8.9	4.5	1.3	10.1
1871—75	1.5	1.3	5.9	10.1	12.9	*17.1*	20.1	18.4	**15.4**	9.2	4.4	−0.0	9.7
1876—80	−0.0	3.6	5.6	9.8	*12.7*	17.8	18.6	18.9	14.3	9.6	4.8	1.0	9.7
1881—85	0.6	3.8	5.5	9.4	13.8	17.2	19.2	*17.5*	14.1	8.7	**5.7**	2.1	9.8
1886—90	−0.0	*−0.3*	3.8	9.2	14.3	17.5	18.3	17.6	*14.0*	*8.3*	5.0	*−0.1*	*9.0*
1891—95	*−2.3*	1.2	5.0	10.5	14.0	17.3	19.0	18.3	15.0	9.7	5.3	1.4	9.5
1896—00	**2.1**	3.6	5.9	9.4	13.0	18.0	19.0	18.5	14.8	9.8	5.2	2.0	**10.1**
1901—05	0.6	2.3	**6.3**	9.7	13.5	17.7	**20.1**	18.0	14.5	9.2	4.3	2.0	9.9
1906—10	0.9	2.0	4.8	9.2	14.5	17.2	*17.9*	18.0	14.0	**10.9**	4.7	**2.6**	9.7
Perioden													
1851—60	**1.2**	*1.1*	*4.4*	*9.2*	13.5	**17.8**	19.1	**18.9**	14.6	**10.4**	*3.4*	1.3	9.6
1861—70	0.5	**3.3**	5.0	**10.7**	**15.0**	17.6	19,4	18.2	**15.3**	9.8	4.9	1,1	**10.1**
1871—80	0.7	2.4	**5.8**	10.0	*12.8*	17.4	**19.4**	18.7	14.8	9.4	4.6	*0.5*	9.7
1881—90	0.3	1.8	4.6	9.3	14.0	*17.3*	*18.8*	*17.6*	*14.0*	*8.5*	**5.4**	1.0	9.4
1891—00	*−0.1*	2 4	5.4	10.0	13.5	17.7	19.0	18.4	14.9	9.8	5.2	1.7	9.8
1901—10	0.8	2.1	5.6	9.4	14.0	17.4	19.0	18.0	14.3	10.0	4.5	**2.3**	9.8
30jähr. Periode von Hann u. ff.													
1851—80	0.8	2.3	5.1	10.0	13.8	17.6	19.3	18.6	14.9	9.9	4.3	1.0	9.8
1881-1910	0.3	2.1	5.2	9.6	13.8	17.5	18.9	18.0	14.4	9.4	5.0	1.7	9.7
60jähriges Mittel													
1851-1910	0.5	2.2	5.2	9.8	13.8	17.5	19.1	18.3	14.7	9.6	4.6	1.4	**9.75°**

Jahreszeiten-Mittel

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
1851—60	1.2	*9.0*	**18.6**	9.5
1861—70	1.6	**10.2**	18.4	10.0
1871—80	1.2	9.5	18.5	9.6
1881—90	*1.0*	9.3	*17.9*	*9.3*
1891—00	1.3	9.6	18.4	**10.0**
1901—10	**1.7**	9.7	18.1	9.6
1851—80	1.3	9.6	18.5	9.7
1881—1910	1.4	9.5	18.2	9.6
1851—1910	**1.4**	**9.6**	**18.3**	**9.6**

[1] Maxima fett, Minima kursiv Ziffern.

Tab. II **Jahres-, Winter- und Sommermittel. 1851—1914**

Jahr	Jahres-mittel	Sommer-mittel	Winter-mittel
1851	9.4	18.2	2.2
1852	10.5	18.6	2.4
1853	8.6	18.1	3.3
1854	9.2	17.2	−1.3
1855	8.7	18.5	−0.4
1856	9.5	18.5	1.2
1857	10.3	19.7	1.1
1858	9.3	19.3	−0.4
1859	**11.2**	**20.7**	3.9
1860	9.1	16.9	0.9
1861	9.9	19.4	0.4
1862	10.7	18.0	1.4
1863	10.5	18.5	3.0
1864	8.7	17.4	0.4
1865	10.4	18.9	−0.2
1866	10.6	18.5	3.2
1867	9.9	18.0	3.7
1868	11.0	19.4	1.5
1869	10.0	17.5	**5.0**
1870	9.0	18.8	−0.4
1871	*8.3*	17.4	−1.6
1872	10.7	17.9	0.2
1873	10.1	19.2	3.0
1874	9.6	18.9	1.6
1875	9.7	19.0	0.6
1876	10.1	19.3	−0.1
1877	10.2	19.1	4.9
1878	9.9	18.0	2.2
1879	*8.3*	17.9	1.2
1880	10.1	18.0	*−3.0*
1881	9.5	19.0	2.0
1882	9.9	*16.7*	1.3
1883	9.8	17.9	3.3
1884	10.4	18.2	3.6
1885	9.5	18.2	2.6
1886	9.9	17.7	0.3
1887	8.5	18.9	0.0
1888	8.6	17.0	−0.2
1889	9.0	18.4	−0.4
1890	9.0	17.1	0.8

Jahr	Jahres-mittel	Sommer-mittel	Winter-mittel
1891	9.1	17.2	−1.9
1892	9.5	18.6	1.8
1893	10.0	18.9	−0.4
1894	10.0	17.9	1.5
1895	9.2	18.4	−2.7
1896	9.5	17.9	1.4
1897	10.1	19.0	1.9
1898	10.4	18.1	2.7
1899	10.1	18.5	3.9
1900	10.4	19.1	2.0
1901	9.4	18.6	−0.1
1902	9.6	17.8	3.0
1903	10.1	17.5	2.5
1904	10.2	19.2	1.4
1905	10.0	19.8	2.0
1906	10.1	18.1	2.6
1907	10.0	17.6	0.4
1908	9.1	18.2	1.5
1909	9.3	16.9	0.1
1910	10.2	17.7	4.0
1911	10.8	20.1	2.0
1912	9.9	17.7	3.9
1913	10.4	*16.7*	3.0
1914		17.8	1.3

Mittlere Wärme der Klimaperioden

Perioden- und Lustrenmittel

Warme	Kalte
1775—1800 circa	1801—1820 circa
Lustra: 10° 9°6 9°6 10° 9°8	9°6 9°9 9°5 9°4
9°8	**9°6**
1821—1835	1836—1855
Lustra: 10°5 9°5 9°7	9°4 9°3 9°8 9°3
9°9	**9°5**
1856—1875	1876—1895
Lustra: 9°9 10°0 10°1 9°7	9°7 9°8 9° 9°5
9°9	**9°5**
1896—1910	
Lustra: 10°1 9°9 9°7	
9.9	

Tabelle III

Monats- und Jahresmittel der Temperatur in C°.[1]
1851—1914

Jahrgänge	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1851	2.7	1.9	5.5	10.7	11.6	18.5	17.7	18.5	12.2	11.0	2.1	0.6	9.4
1852	3.6	3.1	2.8	7.8	15.2	16.5	21.2	18.2	14.3	8.6	**9.0**	6.0	10.6
1853	4.0	−0.2	*1.0*	7.5	13.0	17.0	19.2	18.2	14.2	9.8	4.0	−3.8	8.6
1854	−0.0	−0.1	5.1	9.7	14.4	15.4	18.8	17.4	14.3	10.2	2.6	3.1	9.2
1855	−3.3	−1.1	4.4	8.4	12.1	17.8	18.1	19.7	14.9	11.6	3.5	−2.0	8.7
1856	1.6	4.1	3.6	10.4	11.7	18.3	17.3	20.0	13.4	9.9	1.3	2.5	9.5
1857	0.4	0.4	4.8	8.7	14.4	17.7	20.9	20.5	16.6	11.5	5.0	2.4	10.3
1858	−2.4	−1.1	4.3	10.1	12.4	**21.5**	18.1	18.3	17.3	10.5	*−0.5*	2.4	9.3
1859	1.8	4.7	8.6	10.6	14.5	18.0	**23.0**	21.0	14.9	**12.2**	4.5	−0.0	**11.2**
1860	3.6	−1.0	4.1	8.6	15.6	17.0	16.8	16.9	13.9	9.2	2.6	1.5	9.1
1861	−4.6	4.2	6.4	8.7	13.2	19.0	18.9	20.3	15.0	11.4	5.8	1.0	9.9
1862	0.9	2.3	8.3	12.2	16.2	16.8	18.9	18.2	15.8	11.2	5.3	2.8	10.7
1863	3.3	2.8	5.6	10.6	14.5	17.1	18.3	20.1	13.6	10.9	5.3	3.4	10.5
1864	−3.5	1.2	6.9	9.0	13.8	16.9	18.5	16.8	14.5	8.9	3.9	−2.5	8.7
1865	1.9	−0.2	1.4	**13.6**	17.5	17.9	20.9	17.8	17.3	10.8	6.5	−0.4	10.4
1866	4.5	5.5	5.0	11.1	11.9	19.3	18.9	16.9	15.6	8.1	5.8	4.0	10.6
1867	1.2	6.0	4.9	10.0	14.9	17.5	17.6	19.0	15.8	8.9	3.5	−0.1	9.9
1868	0.1	4.6	4.8	9.0	**18.8**	18.8	19.9	19.4	16.4	9.9	2.8	**7.1**	11.1
1869	0.6	**7.3**	3.0	12.5	14.7	14.8	20.8	16.9	16.4	7.8	5.4	−0.5	10.0
1870	0.8	−1.5	3.6	10.4	14.9	18.2	21.7	16.5	12.9	9.6	5.1	−3.8	9.0
1871	−3.7	2.8	6.6	9.7	12.4	*14.2*	19.2	18.9	16.1	6.4	1.9	−4.4	8.3
1872	1.8	3.2	6.5	10.8	13.8	16.8	19.9	17.0	15.8	10.6	7.7	4.1	10.7
1873	3.6	1.4	7.3	8.5	11.5	17.8	20.8	19.1	13.6	10.8	5.3	1.5	10.1
1874	2.5	0.8	5.4	11.5	11.1	17.8	22.0	16.9	16.1	9.4	2.3	−0.0	9.7
1875	3.5	−1.7	3.6	9.8	15.7	18.7	18.4	19.9	15.4	8.8	5.0	−1.2	9.7
1876	−2.5	3.3	6.5	10.6	11.4	18.1	19.9	19.8	13.9	11.8	3.8	5.1	10.1
1877	4.2	5.4	4.1	9.1	11.8	19.9	18.5	19.0	11.8	7.9	7.7	2.5	10.2
1878	0.8	3.4	5.1	10.5	15.3	17.3	18.3	18.4	15.1	10.5	4.6	−0.3	9.9
1879	0.1	3.7	5.1	8.2	11.5	17.7	16.6	19.3	15.2	8.5	2.3	*−8.5*	*8.3*
1880	−2.8	2.4	7.1	10.4	13.4	16.2	19.9	18.0	15.5	9.3	5.4	6.3	10.1

[1] Die zugrunde liegenden Tagesmittel sind nach der Formel $[7^h$ a. m. + 2^h p. m. + 2 (9^h p. m.)] : 4 gebildet.

Noch Tabelle III

Jahrgänge	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1881	−3.0	2.8	6.8	8.6	13.7	17.8	21.1	18.2	13.4	***6.0***	7.6	1.5	9.5
1882	0.5	2.0	7.8	10.0	14.2	16.1	17.4	16.5	13.7	10.7	6.5	3.1	9.9
1883	2.0	4.9	1.3	8.9	14.7	18.2	17.8	17.6	14.4	9.2	6.1	2.0	9.8
1884	**4.8**	4.0	7.1	8.3	14.8	15.0	20.6	18.9	15.1	9.0	3.3	3.5	10.4
1885	−1.1	5.5	4.6	11.0	11.7	19.1	18.9	16.5	14.0	8.7	4.9	0.6	9.5
1886	0.8	−0.5	3.5	11.1	14.2	15.4	19.0	18.7	16.7	11.0	6.4	2.6	9.9
1887	−2.9	0.4	2.6	9.3	11.3	17.8	21.1	17.8	12.6	6.3	4.1	0.6	8.5
1888	−1.0	−0.1	4.4	7.8	14.4	18.2	16.1	16.6	14.0	7.0	5.8	0.1	8.6
1889	−0.7	−0.6	2.6	9.0	16.3	19.7	18.2	17.2	12.7	9.2	3.7	−0.4	9.0
1890	3.7	−0.8	6.0	8.8	15.1	16.3	17.2	17.9	14.1	8.1	4.9	−3.4	9.0
1891	−3.1	0.8	5.2	7.8	14.0	17.0	17.8	16.8	15.0	10.7	3.7	3.0	9.1
1892	0.2	2.3	2.9	9.6	14.6	17.2	18.5	20.0	15.4	8.4	5.6	−0.8	9.5
1893	*−5.3*	5.0	7.1	12.2	14.3	17.9	19.5	19.2	14.5	10.9	3.8	0.9	10.0
1894	−0.1	3.8	6.7	12.1	12.9	16.5	19.8	17.4	12.4	9.7	6.4	1.5	10.0
1895	−3.4	*−6.1*	3.3	11.0	14.2	17.8	19.4	17.9	**17.5**	8.7	7.1	2.4	9.2
1896	0.5	1.2	8.1	7.9	13.4	18.4	19.0	16.3	14.4	9.6	3.5	1.4	9.5
1897	−0.6	5.0	8.2	9.8	12.6	19.1	19.2	18.8	13.9	8.8	3.9	2.0	10.1
1898	2.5	3.5	5.0	10.3	13.0	17.0	17.1	20.1	15.1	11.7	5.6	3.9	10.4
1899	4.1	3.8	5.2	9.5	13.4	17.1	18.9	19.5	14.8	8.8	7.2	−1.4	10.1
1900	3.4	4.0	2.9	9.4	12.8	18.6	20.6	18.0	15.6	10.3	5.6	4.1	10.4
1901	−1.9	−2.5	4.5	10.5	15.0	18.2	19.7	17.8	14.8	9.5	3.5	3.2	9.4
1902	4.0	1.8	6.6	11.3	*10.5*	16.9	19.0	17.6	14.7	9.1	3.2	0.1	9.6
1903	1.9	5.4	7.6	*6.5*	14.0	16.8	18.1	17.7	15.3	11.4	6.0	0.8	10.1
1904	−0.2	3.6	5.3	11.0	14.6	17.7	21.7	18.2	13.2	9.9	3.9	3.6	10.2
1905	−0.7	3.1	7.4	9.4	13.4	18.9	21.8	18.8	14.3	6.1	4.8	2.4	10.0
1906	3.3	2.2	4.4	9.8	14.7	16.2	19.3	18.9	13.6	11.7	6.8	−0.1	10.1
1907	1.2	0.2	4.7	8.2	14.9	17.2	16.9	18.7	15.8	11.9	5.8	4.3	10.0
1908	−2.7	3.0	4.7	7.7	15.5	19.4	19.2	16.0	14.0	8.5	3.2	1.1	9.1
1909	−0.7	−0.2	4.7	10.9	13.4	15.6	16.7	18.5	13.6	11.3	3.4	4.2	9.3
1910	3.2	4.7	5.6	9.6	13.8	17.8	17.3	17.9	12.9	10.9	4.5	3.6	10.2
1911	−0.5	2.9	6.2	9.0	14.5	16.6	21.9	**21.8**	16.4	9.9	6.4	4.8	10.8
1912	2.0	5.0	**9.0**	9.0	14.8	18.0	19.5	*15.5*	*10.2*	8.2	4.2	3.6	9.9
1913	2.3	3.1	8.6	9.7	14.7	17.1	*16.0*	16.9	13.9	10.8	8.6	2.6	10.4
1914	−2.5	3.8	7.2	12.2	12.4	16.0	18.7	18.6	13.6	9.1	4.3		

1801—1850

zu Tabelle III

Älteste Monats- und Jahresmittel der Temperatur

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1801	4	3	8	10	16	16	19	18	16	11	6	4	10.9
1802	−4	3	6	11	14	19	18	21	15	12	4	2	10.1
1803	−2	−1	4	11	*11*	16	20	19	*11*	9	5	4	8.9
1804	5	1	4	9	16	19	18	18	15	11	5	−1	10.0
1805	−2	1	4	9	13	16	18	17	15	7	1	1	8.3
1806	5	4	6	7	16	17	19	18	14	9	7	**7**	10.8
1807	−0	3	2	8	16	17	22	**22**	13	11	6	1	10.1
1808	1	1	1	8	18	17	21	20	14	8	5	−3	9 3
1809	1	5	6	6	15	16	18	18	14	8	2	4	9.4
1810	−4	−1	7	10	14	17	18	18	17	10	6	4	9.7
1811	−4	3	9	12	17	19	20	18	16	**13**	6	2	10.9
1812	−3	4	5	*6*	16	17	17	18	15	11	3	−4	8.8
1813	−2	5	6	12	15	17	17	16	14	10	4	0	9.4
1814	−2	−2	4	12	13	15	19	17	14	9	6	5	9.2
1815	−3	5	8	11	16	17	17	17	15	10	2	0	9.4
1816	1	−0	4	10	13	15	*16*	16	14	9	2	1	8.4
1817	4	5	4	6	12	18	17	17	17	*6*	7	1	9.5
1818	3	3	6	12	13	19	20	17	14	9	6	−2	10.0
1819	2	4	6	11	15	17	19	19	16	9	4	2	10.3
1820	−2	3	3	**12**	15	*15*	18	19	13	9	2	1	9.0
1821	2	−0	6	12	12	15	17	19	15	9	**8**	6	10.1
1822	2	5	**10**	12	17	**21**	20	18	16	11	8	−0	**11.7**
1823	−3	4	6	9	16	16	17	19	15	9	4	5	9.7
1824	1	4	5	8	13	16	19	18	16	10	8	6	10.3
1825	2	2	4	11	14	17	20	19	16	10	6	5	10.5
1826	−5	3	6	10	13	18	21	22	**17**	12	4	2	10.2
1827	−1	−5	6	11	16	18	21	18	16	11	2	5	9.8
1828	3	2	6	10	15	18	20	17	15	10	4	3	10.2
1829	−3	−1	5	10	14	17	19	17	13	9	2	−5	*8.1*
1830	*−8*	−2	7	11	15	17	20	18	13	9	6	1	9.0
1831	−1	3	7	11	14	15	18	18	13	12	5	4	9.9
1832	0	2	5	10	12	16	17	18	13	9	4	2	9.0
1833	−4	**6**	3	8	17	18	16	15	13	9	6	**7**	9.5
1834	**6**	2	6	8	17	18	**22**	19	17	10	5	2	11.0
1835	1	4	5	9	14	18	21	18	15	8	*1*	−2	9.3
1836	−0	1	9	9	12	18	20	19	13	10	5	3	9.9
1837	1	3	2	7	12	19	18	20	12	10	5	2	9.2
1838	−6	−1	5	7	14	17	19	17	15	9	6	1	8.6
1839	0	3	4	7	14	20	20	18	15	11	6	4	10.2
1840	1	1	1	11	14	18	18	19	15	7	7	*−5*	8.9
1841	−1	−1	8	10	**18**	16	17	18	16	10	6	5	10.2
1842	−3	0	6	9	15	18	19	21	13	7	3	1	9.1
1843	2	4	5	10	13	15	16	18	14	10	6	3	9.8
1844	−0	1	5	11	13	18	19	*15*	15	10	6	−2	9.0
1845	−0	*−5*	*−1*	10	12	18	19	15	14	10	6	4	8.5
1846	2	5	7	10	15	20	21	21	17	11	5	−2	11.0
1847	−1	0	4	7	17	16	20	19	13	9	5	0	9.1
1848	−5	4	6	12	15	18	19	18	14	11	4	2	9.8
1849	2	4	4	9	15	19	18	17	15	10	3	0	9.7
1850	−4	5	2	10	13	18	19	17	12	8	8	2	9.2

Tab. IV **Mitteltemperatur[1] von je 5 Wintern und Sommern**

Jahre	Winter	Sommer	Jahre	Winter	Sommer
1851—55	1.1	18.2	1880—84	**1.6**	18.0
1852—56	1.0	18.2	1881—85	**2.2**	17.9
1853—57	0.7	**18.4**	1882—86	**2.2**	17.9
1854—58	0.4	**18.7**	1883—87	**1.9**	18.0
1855—59	0.7	**19.1**	1884—88	1.3	18.0
1856—60	1.0	**19.1**	1885—89	0.6	17.9
1857—61	1.0	**19.1**	1886—90	0.1	17.8
1858—62	1.2	**18.9**	1887—91	—0.1	17.7
1859—63	**1.4**	**18.6**	1888—92	—0.1	17.8
1860—64	1.3	**18.4**	1889—93	0.1	17.9
1861—65	1.2	**18.4**	1890—94	0.1	18.0
1862—66	**1.5**	**18.3**	1891—95	0.0	18.2
1863—67	**1.8**	**18.3**	1892—96	0.2	**18.3**
1864—68	**2.0**	**18.4**	1893—97	0.5	**18.4**
1865—69	**2.4**	**18.4**	1894—98	0.9	**18.4**
1866—70	**2.3**	**18.4**	1895—99	**1.6**	**18.4**
1867—71	**1.7**	**18.3**	1896—00	**2.1**	**18.5**
1868—72	1.2	18.2	1897—01	**2.2**	**18.6**
1869—73	1.0	**18.3**	1898—02	**2.2**	**18.4**
1870—74	0.8	**18.4**	1899—03	**2.2**	**18.4**
1871—75	0.8	**18.6**	1900—04	**1.9**	**18.4**
1872—76	1.2	**18.8**	1901—05	**1.9**	**18.4**
1873—77	**1.7**	**19.0**	1902—06	**2.0**	**18.4**
1874—78	**1.8**	**18.9**	1903—07	**1.9**	**18.5**
1875—79	**1.6**	**18.7**	1904—08	**1.6**	**18.4**
1876—80	1.3	**18.5**	1905—09	**1.5**	18.1
1877—81	1.2	**18.3**	1906—10	**1.6**	17.9
1878—82	1.0	18.0	1907—11	**1.8**	18.0
1879—83	1.0	17.9	1908—12	**2.2**	18.0
			1909—13	**2.6**	17.8

Anhang: **Differenz der Morgentemperatur vom Tagesmittel im Monatsdurchschnitt: (C°)**

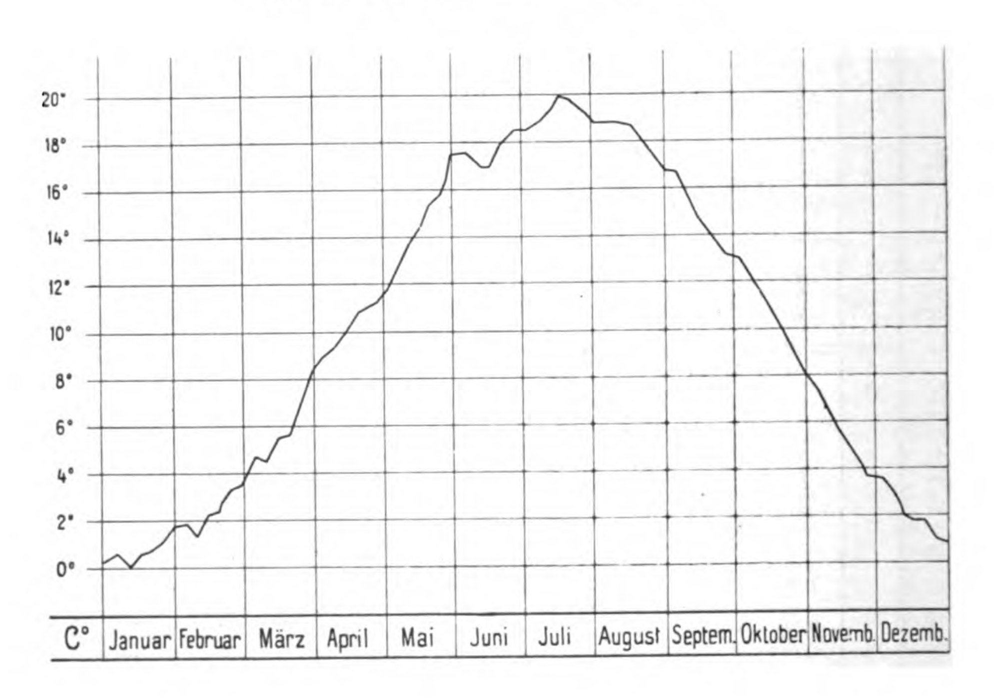
	1886—1890	1891—1895	1896—1900	1901—1905	Unterschied (86—95) zu (96—05)
April	2.9	3.9	2.6	2.8	+0.7
Mai	2.2	2.3	2.5	2.8	—0.3
Juni	1.9	2.1	2.6	2.7	—0.6
Juli	1.9	2.0	2.4	2.9	—0.7
August	2.4	2.5	2.9	2.6	—0.3
September . . .	2.9	3.2	2.6	2.7	+0.4

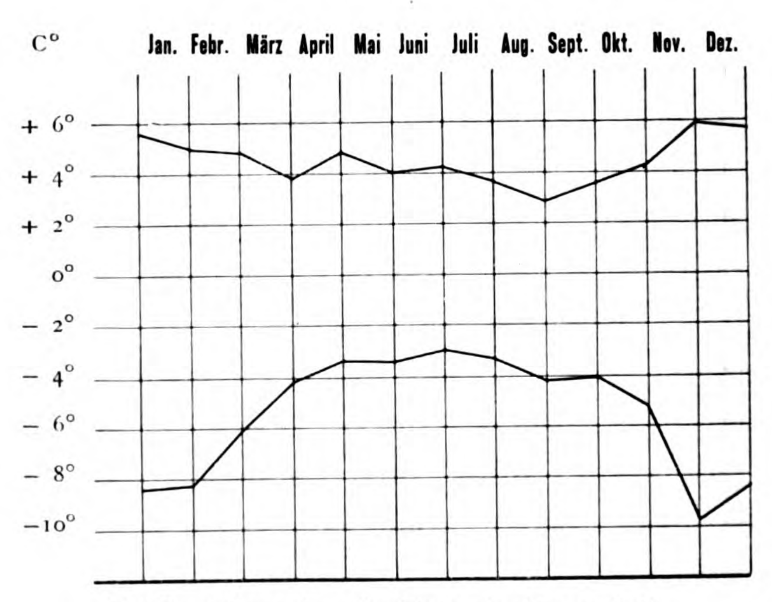
[1] Durchschnitt über Mittel fett. Mittel ausgeglichen nach Formel [(m — 1) + 2 m + (m + 1)]: 4.

Pentaden-Mittel. Reihe a = 1851—1880, b = 1881—1910, c = 1851—1910. Tab. V

	a	b		a	b		a	b		a	b	Reihe C			
Januar			April			Juli			Oktober			Januar	April	Juli	Oktober
1—5	0.6	−0.3	1—5	8.6	8.0	30—4	18.0	18.9	3—7	11.7	11.6	0.2	8.3	18.4	11.6
6—10	0.6	0.6	6—10	9.5	8.6	5—9	18.9	18.4	8—12	10.8	10.4	0.6	9.0	18.6	10.6
11—15	0.3	−0.2	11—15	9.4	9.3	10—14	19.1	18.8	13—17	10.1	9.4	0.0	9.4	19.0	9.8
16—20	0.7	0.0	16—20	10.5	9.7	15—19	20.0	19.5	18—22	9.2	8.3	0.4	10.1	19.8	8.8
21—25	1.2	0.1	21—25	10.9	10.7	20—24	20.1	19.3	23—27	8.3	7.5	0.6	10.8	19.7	7.9
26—30	1.0	1.2	26—30	10.8	11.1	25—29	19.6	18.9	28—1	6.9	7.6	1.1	11.0	19.2	7.2
Februar			Mai			August			November			Februar	Mai	August	Novbr.
31—4	2.0	1.5	1—5	11.3	11.6	30—3	19.3	18.4	2—6	5.6	6.9	1.8	11.4	18.8	6.2
5—9	1.9	1.6	6—10	12.2	12.7	4—8	19.1	18.6	7—11	5.1	5.9	1.8	12.4	18.8	5.5
10—14	0.8	1.7	11—15	13.4	13.3	9—13	19.2	18.4	12—16	4.0	5.2	1.2	13.4	18.8	4.6
15—19	2.5	2.0	16—20	14.4	13.8	14—18	19.0	18.4	17—21	3.2	4.1	2.2	14.1	18.7	3.6
20—24	2.2	2.6	21—25	15.2	15.2	19—23	18.2	18.0	22—26	3.6	3.7	2.4	15.2	18.1	3.6
25—1	3.4	3.5	26—30	15.4	16.2	24—28	17.8	17.1	27—1	3.0	3.3	3.4	15.8	17.4	3.2
						29—2	16.9	16.5						16.7	
März			Juni			September			Dezember			März	Juni	Septbr.	Dezbr.
2—6	4.1	3.1	31—4	17.0	17.9	3—7	16.9	16.2	2—6	1.4	2.8	3.6	17.4	16.6	2.1
7—11	4.3	5.0	5—9	17.5	17.2	8—12	15.7	15.2	7—11	1.3	2.3	4.6	17.4	15.4	1.8
12—16	4.2	4.7	10—14	17.3	16.5	13—17	14.9	14.1	12—16	1.3	2.4	4.4	16.9	14.5	1.8
17—21	5.1	5.8	15—19	17.2	16.5	18—22	14.0	13.5	17—21	0.8	1.2	5.4	16.8	13.8	1.0
22—26	5.4	5.9	20—24	18.0	17.7	23—27	13.3	12.9	22—26	0.9	0.7	5.6	17.8	13.1	0.8
27—31	7.2	7.2	25—29	18.1	18.8	28—2	13.3	12.8	27—31	0.2	0.3	7.2	18.4	13.0	0.2

Jährlicher Gang der Temperatur.





Positive und negative Abweichung der Monatsmittel.

Zum 100. Geburtstag von Robert Mayer.

Von **O. Lehmann.**

Hundert Jahre sind verflossen, seit der Arzt Robert Mayer in Heilbronn das Licht der Welt erblickte, der Entdecker eines fundamentalen Gesetzes, das die bis dahin getrennten Kapitel der Physik in innigen Zusammenhang brachte und die Entwicklung der Physik sowohl wie der Technik außerordentlich gefördert hat. Die Technische Hochschule seines Heimatlandes hatte die Absicht, in Verbindung mit dem Verein Deutscher Ingenieure diese Jahrhundertfeier durch einen großen Festakt zu begehen, zu welchem auch zahlreiche Gäste von auswärts eingeladen werden sollten. Die von Herrn Professor Dr. Weyrauch herausgegebene, sehr reichhaltige Festschrift [1], der ich manches für den heutigen Vortrag entnehme, ist bereits erschienen, das Fest mußte leider des Krieges halber ausfallen.

Wenn es uns heute möglich ist, wenigstens in kleinem Kreise der Verdienste Robert Mayers zu gedenken, so verdanken wir das den Tapferen, die unter unsäglichen Strapazen, Entbehrungen und Leiden, stets vom Tode bedroht, treue Wacht halten an den Grenzen unseres Vaterlandes gegen das Eindringen übermächtiger Feinde, welche getrieben durch Neid und Mißgunst, Habsucht und Herrschsucht unsern durch langjährige fleißige Arbeit geschaffenen Wohlstand, ja unsere Existenz zu vernichten streben.

Dieser unserer Helden im Felde wollen wir vor allem mit innigem Dank für ihr Wirken gedenken. Doch wir wollen auch nicht vergessen derjenigen, die durch verborgene, aber äußerst schwierige und aufreibende wissenschaftliche Geistestätigkeit und scharfsinnige

[1] Robert Mayer, zur Jahrhundertfeier seiner Geburt, Stuttgart, K. Wittwer, 1915. Siehe ferner Fr. Dürr, Schwäbische Chronik, 21. Nov., Nr. 545 u. R. Lorenz, Julius Robert Mayer, Gedächtnisrede zum 100. Geburtstage, Jahrb. d. Frankfurter physikalischen Vereins.

Verwertung ihrer Ergebnisse zur Förderung der Technik dazu beigetragen haben, die Rüstung Deutschlands derart zu verstärken, daß trotz der großen Übermacht der Gegner nicht nur deren Einfall in unser Gebiet verhindert, sondern sogar der Krieg in ihr eigenes Land getragen werden konnte.

Zu diesen gehört im weiteren Sinne auch unser Robert Mayer, dem leider nicht vergönnt war, zur rechten Zeit die gebührende Anerkennung seiner Erfolge zu finden.

Das Problem, dessen Lösung Robert Mayer gelungen ist, ist im Grunde so alt wie die Physik selbst. Bekanntlich hat diese ihren Ausgang genommen von der Astrologie der alten Magier oder Priester in Babylonien und Ägypten [1] vor etwa 6000 Jahren. Auf Grund genauer Beobachtung der Bewegung der Gestirne vermochten die Magier bereits Sonnen- und Mondfinsternisse vorherzusagen. Aber, warum bewegen sich die Sterne regelmäßig? Warum bleibt ihr Bewegungszustand immer erhalten?

Aristoteles, der griechische Philosoph, der im 4. Jahrhundert v. Chr. die Bezeichnung „Physik" geschaffen hat, gab die Antwort: Weil die Sterne auf ihrer Bahn nicht gelenkt werden durch willkürlich schaltende Gottheiten, wie die Astrologen angenommen hatten, sondern weil die kreisende Bewegung, die sie ausführen, eine natürliche ist und deshalb wegen Mangels eines Grundes immer erhalten bleiben muß, sofern sie nicht durch ein Hindernis aufgehalten oder abgeändert wird.

Die Erkenntnis des Domherrn Kopernikus in Frauenburg im Jahre 1507, daß die Bewegung der Sterne nur eine scheinbare ist, in Wirklichkeit vielmehr die Erde sich wie ein großer Kreisel immer gleichmäßig um ihre Achse dreht, war geeignet, des Aristoteles Lehre von der Erhaltung der kreisenden Bewegung zu stützen. Doch bereits 100 Jahre später erkannte Galilei, der Professor der Physik in Pisa, der eifrigste Verfechter der kopernikanischen Theorie, die Unhaltbarkeit der Aristotelischen Auffassung. Seinem neuen Trägheitsgesetz zufolge ist die natürliche Bewegung diejenige, die immer erhalten bleibt, wenn keine störende Ursache hinzukommt, nicht die kreisende, sondern die geradlinige.

[1] Vgl. J. Frick u. O. Lehmann, Physikalische Technik, 7. Aufl. Bd. I (2) S. 633 u. ff. Braunschweig 1905, ferner meine Schriften: Physik u. Politik, Rektoratsrede Karlsruhe 1901 und Geschichte des physik. Instituts d. techn. Hochschule, Festgabe der Fridericiana zur 83. Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte, Karlsruhe 1911.

Ein Wagen oder Eisenbahnzug auf horizontalem Geleise, bei welchem die Triebkraft gerade durch die Reibung der Räder kompensiert wird, bewegt sich, wie uns heute ganz geläufig ist, mit gleichmäßiger Geschwindigkeit immer weiter, soweit das Geleise geradlinig ist. Aber selbst, wenn er an einer Kurve durch den elastischen Gegendruck der Schienen genötigt wird, die geradlinige Bahn zu verlassen und ein Stück eines Kreises zu durchlaufen, bleibt seine Geschwindigkeit erhalten.

Gleiches gilt für eine abgeschossene Kanonenkugel. Wie der Wagen besitzt diese vermöge ihres Bewegungszustandes, den sie zu erhalten sucht, eine Kraft, vermöge deren sie Hindernisse überwinden, z. B. eine Mauer durchbrechen kann. Leibniz führte im Jahre 1695 für diese Kraft die Bezeichnung „lebendige Kraft" ein, im Gegensatz nur „toten Kraft", die dieselbe Kugel als Druck auf den Boden ausübt, wenn sie zur Ruhe gekommen ist.

Damit setzte er sich freilich in Widerspruch zu Galilei, Descartes (1644) und Newton (1687), nach welchen es nur eine Art Kraft gibt, die stets gemessen wird durch das Produkt der Stoffmenge oder Masse mit der erzielten Beschleunigung, während das Maß der lebendigen Kraft das halbe Produkt von Masse mal Quadrat der Geschwindigkeit ist.

Lebendige und tote Kraft sind also ganz verschiedene Begriffe. Sie sollten nicht mit dem gleichen Wort bezeichnet werden. Spricht man aber doch von lebendiger Kraft, so kann man das Galileische Trägheitsgesetz auch das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft nennen, welche freilich nur so lange Bestand hat, bis eine störende Ursache hinzutritt.

Galilei, der Erfinder der Pendeluhr, hat erkannt, daß bei einem Uhrwerk die Bezeichnung tote Kraft für den Zug der Gewichte nicht immer passend ist. Völlig tot ist sie eben erst nach dem Ablauf der Gewichte.[1] Gleiches trifft für eine aufgezogene Feder zu. Durch allerlei Mechanismen, wie Räder und Hebel, ist man imstande, die scheinbar tote Kraft unter Erhaltung ihrer Größe auf andere Körper zu übertragen. Falls sich dabei eine Änderung der Größe ergibt, so bleibt doch das Produkt von Kraft und Weg immer erhalten, welchen wichtigen Satz die Mechanik als „goldene Regel" bezeichnete.

[1] Der Vortrag wurde begleitet von Demonstrationen zahlreicher Apparate und Maschinen, auf welche hier der Kürze halber nicht eingegangen wird.

Joh. Bernoulli hat im Jahre 1742 für das genannte Produkt von Kraft und Weg die Bezeichnung „Arbeitsfähigkeit" eingeführt, so daß man die goldene Regel als das „Gesetz der Erhaltung der Arbeitsfähigkeit" bezeichnen könnte.

Bernoulli erkannte weiter, daß in manchen Fällen, z. B. beim Schwingen des Uhrpendels, diese Arbeitsfähigkeit sich in lebendige Kraft umsetzt und alsbald wieder aus dieser aufs neue entsteht, derart, daß in jedem Moment die Summe beider Größen dieselbe ist. Für das Pendel und ähnliche Vorrichtungen konnte man dann ein erweitertes „Gesetz der Erhaltung der Kraft" aufstellen, indem man unter Kraft die Summe von lebendiger Kraft und Arbeitsfähigkeit (Spannkraft) verstand.[1]

Das Wort „Kraft" in dieser Bedeutung gebraucht, ist ein ganz anderer Begriff als der von Galilei, Newton und Descartes so bezeichnete. Die sich darum ergebende Verwirrung wurde noch vergrößert dadurch, daß J. Watt, der Erfinder der Dampfmaschine, etwa 1770, einen dritten Begriff, den der Leistung, die gemessen wird durch das auf eine Sekunde entfallende Produkt von Kraft und Weg, einfach als „Kraft" bezeichnete. Die Leistung einer Kraft gleich dem Gewicht von 75 Kilogramm, wenn sich ihr Angriffspunkt mit der Geschwindigkeit von 1 Meter in der Sekunde bewegt, nannte er „Pferdekraft", weil sie ungefähr der Leistung eines Pferdes entspricht. S. Carnot bezeichnete 1824 das Produkt von Kraft mal Weg als „Arbeit". Die elektrotechnische Einheit derselben wird als Joule[2] bezeichnet, die Einheit, d. h. eine Arbeit von 1 Joule pro Sekunde als 1 Watt. 1000 Watt sind ein Kilowatt; dieses wird jetzt vielfach an Stelle der Pferdekraft als Effekteinheit gebraucht.

Die feinere Mechanik des Mittelalters hatte sich namentlich mit der Herstellung von Uhrwerken zum Betrieb von Automaten (beweglichen Puppen) befaßt. Ein sich selbst aufziehendes Uhrwerk, ein perpetuum mobile wäre dabei außerordentlich dienlich gewesen und seine Erfindung erschien als das höchste zu erstrebende Ziel.

[1] **Helmholtz** ersetzte aus diesem Grunde später das Wort „Arbeitsfähigkeit", das aber auch heute noch gebräuchlich ist, durch das Wort „Spannkraft". **Mayer** nannte sie „Fallkraft".

[2] Dies ist die Arbeit einer Dezimagradyne, d. h. der Kraft, die der Masse 1 kg die Beschleunigung $1 \frac{\text{m}}{\text{sec.}}$ erteilt; siehe **O. Lehmann**, Leitfaden der Physik, Vorwort S. 7 und Zeitschr. f. Instrumentenkunde **33**, 279, 1913; **R. de Baillehache**, Rev. gén. des sciences **24**, 17, 1913 u. La technique moderne **6**, 369, 1914.

Schließlich erkannte man die Unmöglichkeit eines Erfolges, die für gewöhnliche Uhrwerke eben bereits in dem Satz von der Erhaltung der Kraft (richtiger der Arbeitsfähigkeit) ausgesprochen ist. Die Unmöglichkeit des perpetuum mobile wurde ein physikalischer Lehrsatz. Bereits Stevin hatte 1605 daraus auf sehr einfache Weise das Gesetz der schiefen Ebene abgeleitet. Schlingt man nämlich um zwei gleich hohe schiefe Ebenen verschiedener Neigung, die den höchsten Punkt gemein haben, eine geschlossene Kette und wäre das Gesetz der schiefen Ebene nicht richtig, so würde die Kette entsprechend der Differenz der entgegengesetzten Kräfte beständig umlaufen, man hätte ein ganz einfaches perpetuum mobile

Obschon nun das Gesetz von der Erhaltung der Kraft im Grunde mit dem Axiom von der Unmöglichkeit der perpetuum mobile identisch schien, zeigten sich doch auffallende Ausnahmen. Die lebendige Kraft einer Kanonenkugel, beispielsweise, wird anscheinend völlig zerstört, wenn die Kugel auf ein mächtiges Hindernis auftrifft.

Der erste, der klar erkannte, daß diese Zerstörung nur eine scheinbare ist, daß die lebendige Kraft sich gewissermaßen nur versteckt, in Wirklichkeit weiterexistiert als lebendige Kraft der Bewegung unsichtbarer Moleküle, wie solche bereits Daniel Bernoulli 1738 zur Erklärung des Verhaltens der Gase angenommen hatte, war der bayerische Kriegsminister Graf Rumford [1] (ursprünglich ein amerikanischer Lehrer namens Thomson). Beim Besuche von Artilleriewerkstätten 1798 fiel diesem nämlich die starke Erhitzung von Kanonenrohren beim Ausbohren auf, wenn der Bohrer stumpf war. Im Grunde war das nichts Neues, denn die Entzündung eines rasch gedrehten Holzstabes bei starker Reibung an einem Widerlager wurde schon in sehr alten Zeiten zum Anmachen von Feuer benutzt, wenn eine andere Möglichkeit fehlte. Rumford konstruierte aber eine Vorrichtung, die wir heute Wasserkalorimeter nennen würden, mit der ihm gelang, nachzuweisen, daß ohne merkliche Materialabnutzung beliebig viel Wärme gewonnen werden kann, wenn nur ausreichender Vorrat von Arbeitsfähigkeit (er verwandte Pferde zum Antrieb der Maschine) vorhanden ist und verbraucht wird. Augenscheinlich ging, wie bemerkt, die sichtbare Bewegung in unsichtbare über; es war anzunehmen, daß auch für diesen Übergang das Gesetz der Erhaltung der lebendigen Kraft

[1] Rumford, Trans. Roy. Soc. London **88**, 25. Jan., 1798.

seine Gültigkeit behalte. Der Fall der plötzlich durch ein Hindernis in ihrem Lauf aufgehaltenen Kanonenkugel ist also kein Beweis für eine Verletzung des Gesetzes; auch hier geht offenbar, wie auch die Erhitzung der Kugel erkennen läßt, die lebendige Kraft sichtbarer Bewegung in solche unsichtbarer Molekularbewegung über. Daß auch der umgekehrte Übergang stattfinden könne, erkannte er daran. daß ein blind geladenes Geschütz sich stärker erwärmt als ein scharf geladenes, was offenbar so zu deuten war, daß ein großer Teil der durch Verbrennung des Pulvers beim Abfeuern entstandenen Wärme verbraucht wird, um der Kugel ihre lebendige Kraft zu erteilen. Es handelt sich um einen Übergang der lebendigen Kraft der Moleküle des Pulverdampfs auf die Kugel unter Erhaltung ihrer Menge. Die um jene Zeit erfundene Dampfmaschine schien gleiches zu beweisen.

Eine Verallgemeinerung der Vorstellungsweise lag nahe und bereits 1837 sprach sich der Professor der Pharmazie in Bonn Fr. Mohr[1] aus wie folgt: „Außer den bekannten 54 chemischen Elementen gibt es in der Natur der Dinge nur noch Ein Agens, und dies heißt Kraft; es kann unter den passenden Verhältnissen als Bewegung, chemische Affinität, Kohäsion, Elektrizität, Licht, Wärme und Magnetismus hervortreten, und aus jeder dieser Erscheinungsarten können alle übrigen hervorgebracht werden. Dieselbe Kraft, wenn sie den Hammer hebt, kann, wenn sie anders angewendet wird, jede der übrigen Erscheinungen hervorbringen."

M. Planck[2] bemerkt dazu: „Man sieht, es ist nur noch ein Schritt bis zur Frage nach dem gemeinschaftlichen Maß aller dieser als gleichartig erkannten Naturkräfte." Dieser Schritt nun wurde zuerst getan von Robert Mayer im Jahre 1841. Er erkannte den Fehler in Mohrs Vorstellungsweise (zunächst allerdings noch nicht mit voller Sicherheit), der in der Verwechslung von Galilei-Newtons Kraftbegriff mit dem Leibnizschen beruhte, weshalb eben Mohrs Hypothese keinen Glauben fand, da sie in dieser Hinsicht leicht bestritten werden konnte. Er hat später auch direkt mit Mohr darüber korrespondiert und drückt sich dabei in drastischer Weise in folgenden Worten aus: „Den unproduktiven (Galilei-Newtonschen) Druck haben wir umsonst, die (Leibnizsche) Kraft aber, das sogenannte Kilogrammeter kostet immer Geld."[3]

[1] Fr. Mohr, Ann. d. Pharm. **24**. 141, 1837.

[2] M. Planck, Das Prinzip d. Erhaltung d. Energie. 3. Aufl. 1913, S. 24.

[3] Die eingeklammerten Worte sind von mir beigefügt. L.

Vermutlich hatte er als Sohn eines Apothekers Kenntnis erhalten von dem drei Jahre zuvor in einer pharmazeutischen Zeitschrift erschienenen Artikel von Fr. Mohr. Auch die Versuche von Rumford, der öfters nicht weit von Heilbronn, in Mannheim und auch hier in Karlsruhe in unserem physikalischen Institut (gemeinsam mit dem damaligen Physiker Boeckmann) tätig war, mußten ihm wohl bekannt sein. Von den Bestrebungen zur Herstellung eines perpetuum mobile hatte er schon als Knabe gehört, auch hatte er selbst einen mißglückten Versuch gemacht, ein solches herzustellen. Gelegenheit äußerte er sich, gerade die Erkenntnis der Unmöglichkeit, ein perpetuum mobile herzustellen, habe ihn zur Auffindung der Äquivalenz von Arbeit und Wärme geführt. In einem Briefe an den Psychiater Griesinger 1842 schreibt er: „Meine Behauptungen können alle als reine Konsequenzen aus diesem Unmöglichkeitsprinzip betrachtet werden. Leugnet man nur e i n e n Satz, so führe ich gleich ein perpetuum mobile auf."

Freilich, die damaligen Physiker waren anderer Ansicht. Trotzdem alle Einwendungen gegen Rumfords mechanische Theorie der Wärme in klarer Weise zurückgewiesen waren, hielt man immer noch an der alten Stofftheorie der Wärme fest, die die Wärme als ein feines (allerdings unwägbares) Fluidum betrachtet, weil sie von heißen zu kalten Stellen, d. h. von Stellen großer zu solchen geringer Dichte abfließt, wie etwa die Luft von Stellen hohen zu solchen geringen Barometerstandes. Der Ingenieur Sadi Carnot in Paris war im Jahre 1824, ebenfalls ausgehend von der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile, zu ganz anderen Ergebnissen als Graf Rumford gekommen, über welche er in einer Schrift[1] berichtete, die großes Aufsehen erregte und bezüglich deren der berühmte englische Physiker Lord Kelvin sagte, „er habe im ganzen Gebiete der Wissenschaft nichts bedeutenderes als diese Schrift gefunden." Carnot hat sich geäußert: „Die Arbeitserzeugung in unseren Dampfmaschinen ist also zurückzuführen n i c h t a u f e i n e n w i r k l i c h e n V e r b r a u c h a n W ä r m e, sondern auf ihren Übergang von einem warmen zu einem kalten Körper." Er hat die Arbeit einer Dampfmaschine mit der eines Wasserrades (Wassermotor), verglichen, bei welcher ebenfalls die Wasermenge ungeändert bleibt. Ebenso wie

---

[1] Sadi Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance, Paris 1824.

bei diesem die Arbeit durch das Produkt der Menge des Wassers mit dem Gefälle, um welches es heruntersinkt, gemessen wird, sei die Arbeit einer Dampfmaschine proportional dem Produkt der durch sie hindurchgehenden Wärmemenge mit dem Temperaturgefälle, um welches sie herabsinkt. Selbst der Ingenieur Hirn, der später besonders sorgfältige Messungen des mechanischen Wärmeäquivalents bei Dampfmaschinen ausgeführt hat, war noch 1858 der Meinung, eine expansionslos arbeitende Dampfmaschine könne ohne Aufwand von Wärme Arbeit leisten.

Viel früher, nämlich schon 1832, hat übrigens Sadi Carnot selbst seinen Irrtum eingesehen, doch hat er dies nicht öffentlich bekundet, sondern nur in einem unveröffentlichten Privatbriefe. Die Physiker, die von diesem Brief nichts wissen konnten, blieben natürlich der Meinung, durch Sadi Carnots hervorragende Arbeit seien die Versuche von Rumford in exakter Weise widerlegt, die Stofftheorie der Wärme sei endgültig als die richtige zu betrachten.

Robert Mayer ist wohl durch Carnots Theorie nicht beeinflußt worden; sehr wesentlich dürfte aber auf seinen Gedankengang die um jene Zeit sich vollziehende Einführung der Eisenbahnen eingewirkt haben. In seinem ersten Aufsatze[1] (1842) schreibt er: „Die unter dem Kessel (einer Lokomotive) angebrachte Wärme geht in Bewegung über und diese setzt sich wieder an den Achsen der Räder als Wärme in Menge ab."

Im gleichen Jahre äußerte er sich in einem Briefe an Griesinger: „Ob wir schnell oder langsam verbrennen, ob im offenen oder im Raum der Maschine, ist für das Endresultat, für das durch den Verbrennungsprozeß gelieferte Wärmequantum gleichgültig; lassen wir aber mit unserer Kohlenmenge die Maschine arbeiten und (die) Gewichte heben, so wird ein geringeres Wärmequantum als vorher geliefert; der Ausfall wird aber präzis wieder gedeckt, wenn wir den mechanischen Effekt, den die Gewichte durch das Herabsinken liefern, zur Wärmeproduktion verwenden."[2]

Drei Jahre später in seinem zweiten Aufsatze drückt er sich aus: „Die in den Lokomotiven wirksame Kraft ist die Wärme. Der

[1] Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften von Rob. Mayer mit historisch-literarischen Mitteilungen herausgegeben v. Weyrauch, Stuttgart, Cotta 1893, S. 29.

[2] Kleinere Schriften und Briefe von Rob. Mayer, nebst Mitteilungen aus seinem Leben; beide herausgegeben von Weyrauch, Stuttgart 1893, Cotta, S. 187.

Aufwand von Wärme oder die Verwandlung der Wärme in Bewegung beruht nun darauf, daß die Wärmemenge, welche von den Dämpfen aufgenommen wird, fortwährend größer ist als die, welche von den Dämpfen bei ihrer Verdichtung an die Umgebung wieder abgesetzt wird. Die Differenz gibt die nutzbar verwendete oder die in mechanischen Effekt verwandelte Wärme." [1]

„Damit, sagt Weyrauch mit Recht, war die wichtigste Grundlage der heutigen Theorien aller Wärmemotoren gegeben."

Freilich für das volle Verständnis war überdies auch Carnots Gedankengang zu berücksichtigen, der aber Robert Mayer fremd war, so daß dessen Versuche, den Wirkungsgrad von Dampfmaschinen zu bestimmen, zu keinem befriedigenden Ergebnis führten.

Vortrefflich waren Robert Mayers populäre Darlegungen über die Bedeutung der Übertragbarkeit und gegenseitigen Verwandelbarkeit der verschiedenen Energieformen. Er beschreibt die Übertragung der potentiellen Energie mittelst des Hebels, die Umwandlung derselben in Bewegungsenergie durch Stoß und Reibung, die Rückumwandlung der Bewegungsenergie in Energie der Lage beim Pendel, die Entstehung von Wärme aus Bewegungsenergie und Lichtenergie; die Rückumwandlung von Wärme in Bewegungsenergie durch die Dampfmaschine, in Lichtenergie durch einen glühenden Körper, die Übertragung der Wärme durch Leitung, die Umsetzung von Wärme in chemische Energie und deren Rückumwandlung bei der Verbrennung, die Übertragung elektrischer Energie, die Entstehung derselben aus Bewegungsenergie beim Emporheben des Deckels eines Elektrophors, die Umwandlung in Wärme beim galvanischen Glühen, die Umwandlung in Bewegung bei elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstoßungen, die Umsetzung in elektrische Energie von anderer Spannung durch Induktion, die Umsetzung von Wärme in elektrische Energie mittelst der Thermosäule usw. Die Sonnenwärme ist es nach Ansicht von Robert Mayer, welche das Wasser als Dampf zu Wolken hebt, damit Quellen und Flüsse speist, Mühlen und Schiffe treibt und die Strömungen in der Atmosphäre, die Winde, hervorbringt, die ebenfalls wieder durch Windmühlen und die Segel der Schiffe zur Erzeugung von Bewegung anderer Art nutzbar gemacht werden können.

Die Sonnenwärme ist es ferner, welche in den Pflanzen chemische Vorgänge hervorruft, durch welche die Wärme latent wird, um

[1] Die Mechanik der Wärme usw. S. 52.

wieder zum Vorschein zu kommen, wenn die Pflanzenmasse, das Holz oder die daraus entstandene Kohle verbrannt wird. Wenn wir den Kessel der Dampfmaschine heizen, verwandeln wir die aufgespeicherte latente Sonnenwärme in Heizwärme und diese dann in die mechanische Arbeit der Maschine. Das Licht einer Öllampe oder Stearinkerze ist im Grunde ebenso nur frei werdende aufgespeicherte Sonnenwärme. Der enorme fortwährende Verlust der Sonne an Wärme wird gedeckt durch die lebendige Kraft der immerfort hineinstürzenden Meteorsteine und die Kontraktion der Sonnenmasse.[1] Die Erdwärme kann zum Teil aus Gravitationsenergie entstehen, da sich die erkaltende Erde zusammenzieht, auch üben Ebbe und Flut eine Bremswirkung auf die Achsendrehung der Erde aus, erzeugen also Wärme aus Bewegungsenergie. „Es gibt nur eine Kraft, sagt Robert Mayer, welche die ganze Welt belebt und zusammenhält. Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität, mechanische Arbeit und chemische Vorgänge sind nur verschiedene Erscheinungsformen ein und derselben Einheit."

Im Grunde hatte hieran schon Fr. Mohr gedacht; erst Robert Mayer aber gelangte zu klarer Auffassung des Energiebegriffs, zur Erkenntnis seiner Verschiedenheit vom Newtonschen Kraftbegriff. „Das Wort Kraft", sagt er, „wird in zwei verschiedenen Bedeutungen gebraucht: 1. Man versteht darunter jeden Druck oder Zug, jedes Bestreben eines trägen Körpers, seinen Zustand der Ruhe oder Bewegung zu ändern, und wird dieses Bestreben für sich und unabhängig vom Erfolge betrachtet; 2. in einem andern Sinne heißt „Kraft" das Produkt des Druckes in den Wirkungsraum, oder auch das halbe Produkt der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit". Er bezeichnet es als eine Sisyphusarbeit, die Unterscheidung in Einzelfällen durchzuführen und hält deshalb für geboten, das Wort Kraft entweder ganz zu vermeiden oder es nur für die eine der beiden Kategorien zu gebrauchen. Tatsächlich war die Einführung des Wortes Energie statt lebendiger Kraft dem Verständnis außerordentlich förderlich und Robert Mayer wäre wohl auf weniger Widerstand gestoßen, wenn er selbst diesen Schritt der Einführung einer neuen Bezeichnung unternommen hätte.

[1] Heute nimmt man an, daß auch radioaktive Substanzen eine wesentliche Rolle dabei spielen.

Sehr wesentlich ist ferner, daß Robert Mayer als erster es unternommen hat, zahlenmäßig festzustellen, welches Quantum lebendiger Kraft nötig ist zur Erzielung einer Wärmeeinheit, sowie nachzuweisen, daß genau ebensoviel lebendige Kraft gewonnen wird, wenn eine Wärmeeinheit verschwindet.

Durch Versuche über die Erwärmung der Holländer in einer Papierfabrik kam er zu einer ungefähren Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Sein im Jahre 1814 ausgeführter Versuch war ganz dem des Grafen Rumford nachgebildet. Er verfügte natürlich nicht über gleich bedeutende Mittel; auch, als vielbeschäftigter Arzt, nicht über die nötige Zeit. Da ferner kein Universitätsinstitut in Heilbronn existierte, welches ihm hätte eine Arbeitsstätte gewähren können, war die Beschaffung der Apparate keine leichte Sache. Über den ersten ausgeführten Apparat berichtet er 1849 in der Beilage zur „Augsburger Allgemeinen Zeitung" wie folgt: „Der zu diesen Versuchen erforderliche Apparat, wie ich einen solchen durch Herrn Mechanikus Wagner hier habe verfertigen lassen, besteht im wesentlichen aus einem metallenen Zylinder, in welchem sich Wasser befindet, das mittelst eines Pumpenstiefels durch eine enge Öffnung hindurchgepreßt und dadurch erwärmt wird. Wenn man nun die so hervorgebrachte Wärmemenge mit dem gleichzeitig stattfindenden Arbeitsverbrauche vergleicht, so hat man damit das wichtigste naturwissenschaftliche Problem der Jetztzeit gelöst."

Später verwandte er eine der Rumfordschen Anordnung noch mehr entsprechende Apparatur zur Bestimmung des Effekts von Maschinen. Er schreibt darüber: [1] Die ursprüngliche Idee, die Umwandlung der Arbeit in Wärme vermittelst einer Druckpumpe zu bewirken, wurde durch Herrn Zech (Direktor der Maschinenfabrik in Heilbronn, der die Ausführung des Apparats übertragen war) sehr zweckmäßig dahin modifiziert, zu diesem Ende eine Bremse anzuwenden, welche in einem mit Wasser gefüllten Kasten läuft. Wenn man nun, was leicht geschieht, die in einer gewissen Zeit auf Kosten der Arbeit produzierte Wärme mißt, so ergibt sich hieraus sogleich die von dem Motor gelieferte Anzahl von Meterkilogramm oder Pferdestärken."

Die vollständige Lösung des Problems verlangte allerdings weiter den Nachweis, daß sich auch in andern ganz anders gearteten

[1] Die Mechanik der Wärme usw. S. 348.

Fällen der Umsetzung von Arbeit in Wärme sich die gleiche Zahl ergibt. Dies hat bald darauf (1843) J. P. Joule[1] (ein reicher Brauereibesitzer in der Nähe von Manchester), mit großen Mitteln durchgeführt. Lange Zeit wurde deshalb dieser (speziell in England) zu Unrecht als der eigentliche Entdecker des mechanischen Wärmeäquivalents betrachtet.

Sehr originell und überaus scharfsinnig war die Art, wie Robert Mayer (1842) die zweite Aufgabe löste, die Erbringung des Nachweises, daß, wenn umgekehrt Wärme in mechanische Arbeit übergeht, genau dieselbe Zahl von Einheiten lebendiger Kraft aus einer Einheit verlorener Wärme gewonnen wird, die durch den ersten Versuch gefunden wurde. Dieser Beweis gelang ihm sogar ohne Anwendung irgend welcher Apparatur, lediglich auf Grund von Zahlenangaben, die schon damals in den Lehrbüchern der Physik zu finden waren. Der Gedankengang ist folgender:

Erwärmen wir 1 kg Luft (das ist etwa $\frac{1}{1,29}$ cbm) in einem geschlossenen Gefäße, etwa dem Zylinder eines Heißluftmotors, welcher durch einen dichtschließenden beweglichen, aber bei diesem Versuch festgehaltenen Kolben abgeschlossen wird, um 1° Celsius, so brauchen wir dazu diejenige Wärmemenge, welche als die spezifische Wärme bei konstantem Volum bezeichnet wird. Sie beträgt 0,168 Kalorien. Durch die Erwärmung steigt, wie bekannt, der Druck der Luft um $\frac{1}{273}$ Atmosphäre. Würde man nun aber diese Druckzunahme verhindern, dadurch, daß man den Kolben beweglich ließe, d. h. würde man die Erwärmung bei konstantem Druck vornehmen, so brauchte man offenbar mehr Wärme; denn man könnte ja die Erwärmung erst bei festgehaltenem Kolben bewirken, wobei wieder 0,168 Kalorien verbraucht würden, sodann den Kolben freigeben, wobei sich die Luft im Zylinder entsprechend der durch Hebung der äußeren Luft geleisteten Arbeit, die $\frac{101\,364}{273 \cdot 1,29} = 293$ Joule beträgt, abkühlt, und nun wieder soweit erwärmen, bis die frühere Temperatur wieder hergestellt wird, wozu, wenn die Arbeit von x Joule einer Kalorie gleichkommt, $\frac{293}{x}$ Kalorien gehören würden. Tatsächlich ergaben die Experi-

[1] J. P. Joule, Phil. Mag. III, **23**, 1843; **31**, 1847.

mente die spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck wesentlich größer als die bei konstantem Volum, nämlich zu 0,273 Kalorien[1].

Die Differenz $0{,}273 - 0{,}168 = 0{,}069$ muß also $= \frac{293}{x}$ Kalorien sein, woraus folgt: $x = \frac{293}{0{,}069} = 4189$. So viele Joule sind also äquivalent einer Kalorie, die Zahl 4189 ist das mechanische Äquivalent einer Kalorie.

An Stelle dieses einfachen Versuches könnte natürlich die Messung der Abkühlung der Luft im Verhältnis zur Arbeitsleistung bei einem Druckluftmotor dienen, oder die Messung der Arbeitsleistung im Vergleich zum Wärmeverbrauch bei einem Heißluftmotor.

Vorausgesetzt bei der dargelegten Berechnung ist allerdings das eine, daß sich die Luft nur abkühlt, wenn sie Arbeit gegen den Kolben leistet, daß sogenannte freie Expansion, d. h. Ausdehnung in einen leeren Raum hinein keine Abkühlung ergeben würde. Die Richtigkeit dieser Annahme erschloß Robert Mayer aus Versuchen von Gay-Lussac im Jahre 1807; später hat sie dann Joule exakt bewiesen, speziell für sogenannte vollkommene Gase.[2] Infolge der Ungenauigkeit der in den Lehrbüchern enthaltenen Zahlen, auf welche sich Robert Mayer stützte, war die erwartete Übereinstimmung des so gefundenen mechanischen Wärmeäquivalents mit dem nach der ersten Methode gewonnenen keine ganz vollkommene. Auf eine solche Abweichung konnte man aber gefaßt sein. Durch Joules Versuche wurde sie vollkommen beseitigt. Daß nichtsdestoweniger die Richtigkeit von Robert Mayers Theorie nirgendwo Anerkennung fand, erklärt sich eben, wie schon bemerkt, dadurch, daß die Stofftheorie der Wärme durch die Ausführungen von Sadi Carnot und Clapeyron eine bedeutende Stütze erhalten hatte. Dazu kam aber

[1] Sie ließe sich z. B. bestimmen durch Durchleiten eines abgemessenen Luftquantums durch ein mit Eisstücken gefülltes Gefäß, da zum Schmelzen von 1 kg Eis 80 Kalorien gehören. Daraus kann dann die spez. Wärme bei konst. Volum berechnet werden, wenn man das Verhältnis beider Größen kennt, das sich durch den einfachen Versuch von Clement und Desormes, Beobachtung des Wiederansteigens des Druckes nach dem Ausströmen der Luft aus einem Behälter, der sofort wieder geschlossen wurde, die dadurch bedingt ist, daß die beim Ausströmen entstandene Abkühlung allmählich wieder verschwindet.

[2] Für gewöhnliche unvollkommene Gase trifft sie nicht streng zu, es bleibt eine Abkühlung übrig, bei übervollkommenen tritt Erwärmung ein.

weiter, daß Robert Mayer versuchte, die Äquivalenz von Wärme und Arbeit auch rein philosophisch zu begründen.

Derartigen philosophischen Betrachtungen pflegte man keinerlei Wert beizulegen, weil philosophische Spekulationen niemals zur Auffindnung neuer Tatsachen geführt hatten, vielmehr geradezu als ein Hemmnis der Fortschritte auf naturwissenschaftlichem Gebiete erschienen. An einer Stelle sagt R. Mayer selbst, metaphysische Behandlung disgoutiere ihn unendlich.

Das er sich nicht dazu entschlossen hat, für die Leibnizsche Kraft das Wort „Energie" zu gebrauchen, welches bereits 1807 von Thomas Young eingeführt war [1] oder falls ihm dieses nicht bekannt war, eine selbstersonnene neue Bezeichnung, hat, wie schon oben bemerkt, die Lesbarkeit seiner Arbeiten (insbesondere in damaliger Zeit) sehr beeinträchtigt. Gleiches gilt von Robert Mayers Bezeichnungen auf anderen Gebieten. Er nannte auch, wie Mohr „Elektrizität" eine „Kraft", obschon sie das nicht ist. Er meinte übrigens augenscheinlich „elektrische Energie". Ebenso war für ihn „chemische Differenz" eine „Kraft", während „chemische Energie" gemeint war. Solche Unklarheiten konnten nur beseitigt werden durch präzise mathematische Formulierungen unter Verwendung der bereits bekannten Beziehung zwischen den verschiedenen Größen; eine Arbeit, die erst im Jahre 1847 von H. Helmholtz in seiner Schrift „Über die Erhaltung der Kraft" geleistet worden ist, so daß häufig dieser als Vater des Prinzips von der Erhaltung der Kraft bezeichnet wurde, wie es z. B. seitens der physikalischen Sektion der Naturforscherversammlung in Berlin 1886 in einem Gratulationstelegramm geschehen ist.

Aufzuklären war ferner der Widerspruch mit den anscheinend sehr exakten Ausführungen von S. Carnot. Dies geschah 1849 durch Clausius, welcher deshalb ebenfalls als Urheber der mechanischen Wärmetheorie bezeichnet wurde. Clausius zeigte, daß zwischen dem Carnotschen Prinzip und Robert Mayers Ergebnis,

[1] Der Ausdruck »potentielle Energie« wurde allerdings erst 1853 von Rankine eingeführt, zum Unterschied von der Bewegungsenergie, welche er »aktuelle Energie« nannte. Thomson und Tait haben 1867 den letzteren Ausdruck durch den heute gebräuchlichen »kinetische Energie« ersetzt. Helmholtz gebrauchte übrigens 1847 ebenfalls noch das Wort »Kraft« im Sinne von »Energie«, was erkennen läßt, wie unklar damals noch die Begriffe waren, so daß Rob. Mayers Wahl der Bezeichnung verständlich erscheint.

welches er den »ersten Hauptsatz der Thermodynamik« nennt, kein Widerspruch besteht, wenn es nur richtig gefaßt wird. Es stellt geradezu einen »zweiten Hauptsatz der Thermodynamik« dar, der von nicht minder großer Bedeutung ist als der erste, insofern er angibt, welcher Bruchteil einer gegebenen Wärmemenge sich überhaupt in Arbeit umsetzen läßt. Häckel hat einmal gesagt, der zweite Hauptsatz sage aus, der erste sei nicht richtig. Scheinbar trifft dies zu, denn der erste sagt aus, aus 1 Kalorie bekomme man 4189 Joule Bewegungsenergie, während der zweite aussagt, man bekomme $\frac{4189}{\tau_1} \cdot (\tau_1 - \tau_2)$ Joule Bewegungsenergie, d. h. die maximale, durch eine thermodynamische Maschine zu gewinnende Arbeit, sei das Produkt des aufgenommenen Wärmegewichts mit dem Temperaturgefälle. Letzteres ist die Differenz der höchsten und niedrigsten Temperatur (τ_1, bezw. τ_2), das Wärmegewicht der Quotient der aufgenommenen Wärmemenge dividiert durch ihre Temperatur τ_1 nach absoluter Skala gemessen.

Diesen zweiten Teil der Arbeit zu leisten war Robert Mayer nicht beschieden, dazu waren eben gründliche Studien in Mathematik und mathematischer Physik nötig, zu welchen er neben seinem ärztlichen Berufe keine Gelegenheit finden konnte. Daß er von der Existenz des zweiten Hauptsatzes eine Ahnung hatte, geht daraus hervor, daß er sich gelegentlich äußert, nachdem er von der Umsetzung der Wärme in Arbeit durch eine Dampfmaschine gesprochen hat: „So wenig aber eine gegebene Menge Chlor, Metall und Sauerstoff ohne Bildung eines Nebenproduktes in chlorsaures Salz sich verwandeln läßt, so wenig können wir eine gegebene Wärmemenge als Ganzes in Bewegung umsetzen."

Er fand beispielsweise den Wirkungsgrad eines Geschützes zu etwa 9 % und bemühte sich, auch den Wirkungsgrad der Dampfmaschinen zu ermitteln. Von hier bis zur klaren Erkenntnis des zweiten Hauptsatzes war aber noch ein großer Schritt.

Obschon dieser weitere Ausbau der mechanischen Wärmetheorie erst später von andern durchgeführt wurde und weitere Klärung erst in neuester Zeit durch Aufstellung des Nernstschen Wärmetheorems und der Planckschen Energiequantentheorie[1] er-

[1] Siehe O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Vereins **24**, 273, 1912.

folgt ist, so ändert das aber nichts an der Tatsache, daß er, wie Helmholtz[1] sagt, „unabhängig und selbständig den Gedanken gefunden hat, der den größten neueren Fortschritt der Naturwissenschaft bedingte."

Der Ruhm der Erfindung, sagt Helmholtz weiter, haftet an dem, der die neue Idee gefunden hat. Auch kann man nicht unbedingt verlangen, daß der Erfinder der Idee verpflichtet sei, auch den zweiten Teil der Arbeit (die feinere Ausgestaltung und präzise Feststellung durch genaue Experimente) auszuführen.

Leider hat der Mangel an Anerkennung seiner Zeitgenossen in Verbindung mit Bemühungen, seine eigenen Ergebnisse Andern zuzuschreiben und ihn gewissermaßen als Plagiator hinzustellen, Robert Mayers Gemüt schwer bedrückt und sein Leben, trotz der hohen Befriedigung, die ihm gewähren mußte, die wissenschaftliche Erkenntnis um ein gutes Stück weitergebracht zu haben, zu einem unglücklichen gemacht.

Er war geboren am 25. November 1814 als Sohn eines Apothekers in Heilbronn. An der Schule fiel er nicht durch besondere Leistungen auf. Der sprachliche Unterricht war ihm unsympathisch; physikalische und chemische Experimente interessierten ihn mehr. Zeitweise soll er den Platz 37 unter 38 Schülern innegehabt haben; nur in der Mathematik erzielte er gute Noten. Auch an der Universität, wo er am studentischen Leben regen Anteil nahm, betrieb er Studien nur insoweit, als zum Examen unbedingt nötig, doch war er schon damals ein „Grübler". Der Tübinger Universitätskanzler G. Rümelin äußerte sich über den jungen Mayer: „Er war ebenso beliebt und beachtet bei den Lehrern wie bei den Mitschülern. Er gab sich stets ganz wie er war, es kam kein unwahres Wort aus seinem Munde; er hatte eine volle und freudige Anerkennung für fremde Vorzüge und trat niemanden zu nahe. Er war nach seiner Gemütsart ein anima candida. Aber alles, was er sagte und tat, trug den Stempel der Originalität." Sofort nach Beendigung seiner Universitätsstudien nahm er Dienst als Schiffsarzt auf einem Ostindienfahrer. Da es keine Patienten gab, hatte er Zeit, seine Grübeleien fortzusetzen, welche sich hauptsächlich auf die Unmöglichkeit

[1] H. Helmholtz, Über die Erhaltung der Kraft. Ostwald, Klassiker, Nr. 1, S. 58.

des perpetuum mobile und die mechanische Wärmetheorie von Rumford und Mohr bezogen.

Auf der Reise nach Batavia fiel ihm nun auf, daß das Venenblut der Schiffsmannschaft, die 100 Tage hindurch nur wenig zu arbeiten hatte, viel röter war als sonst, d. h. daß es unverbrauchten Sauerstoff enthielt. Daraus zog er alsbald den Schluß, die Quelle der Muskelkraft (richtiger Muskelarbeit) sei die Verbrennungswärme, die bei Verbindung des Sauerstoffs mit dem Blute entsteht (richtiger die latente Wärme, die gewissermaßen in den beiden Körpern aufgespeichert ist, solange sie nicht verbunden sind, das was wir heute „chemische Energie" nennen).

Von dem Steuermann hatte er weiterhin erfahren, daß das sturmgepeitschte Meer wärmer ist als zuvor, solange es ruhte. Auch dies veranlaßte ihn zum Nachdenken, bis schließlich die neu erkannte Wahrheit, die Lösung des Problems, weshalb das alte Gesetz der Erhaltung der Kraft anscheinend in vielen Fällen seine Gültigkeit verliert und welcher der wahre innere Zusammenhang der verschiedenen Naturkräfte ist, in seinem Geiste klar vor ihm stand.

Getrieben durch die Sehnsucht, dieses Problem, dessen hohe Bedeutung für Naturwissenschaft und Technik er sofort erkannte, mit besseren Hilfsmitteln weiter durcharbeiten zu können, kehrte er alsbald in seine Vaterstadt (1841) zurück und ließ sich dort als praktischer Arzt nieder, welche Stellung er 27 Jahre hindurch behielt.

Einen Anhänger für seine Lehre fand er in seinem älteren Bruder, der die väterliche Apotheke übernommen hatte; sonst begegnete ihm zu seinem Leidwesen überall nur Widerspruch.

Eine kleine Abhandlung, die er am 16. Juni 1841 an Poggendorff, den bekannten Herausgeber der einzigen großen deutschen Zeitschrift für Physik, der „Annalen der Physik und Chemie" sandte, betitelt: „Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte" wurde von Poggendorff nicht aufgenommen. Mayer erhielt überhaupt keine Antwort, auch nicht auf die zweimalige Bitte, ihm wenigstens das Manuskript zurückzuschicken. Dieses wurde erst 36 Jahre später im literarischen Nachlaß von Poggendorff gefunden.

Man kann aus diesem Manuskript ersehen, daß sich damals Robert Mayer ebenfalls noch nicht ganz im klaren war über den Unterschied von Galilei-Newtons Kraftbegriff und dem Leibnizschen Begriff. Das mag wohl mit Ursache der Ablehnung der Arbeit durch

Poggendorff gewesen sein. Im übrigen stand Poggendorff offenbar ganz auf dem Standpunkt von Sadi Carnot, denn eine auf gleichem Standpunkt stehende Abhandlung von Clapeyron über die bewegende Kraft der Wärme aus dem Jahre 1834 brachte er noch im Jahrgang 1843, also 9 Jahre später, in Übersetzung mit besonderer Empfehlung in den Annalen zum Abdruck, 2 Jahre nach dem Eingang von Mayers Abhandlung. Wie wenig er sich um Mayer kümmerte, zeigt die Stelle in seinem biographisch-literarischen Lexikon, 1863, wo er angibt: „Soll vor 1858 im Irrenhaus gestorben sein.“ (In einem Nachtrag ist dies allerdings berichtigt.)

Robert Mayer versuchte dann seine Arbeit bei den von Liebig herausgegebenen Annalen der Chemie und Pharmazie anzubringen, wo sie 1842 unter dem Titel: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ zwar erschien, aber von den Physikern nicht gelesen wurde.

Im gleichen Jahre verehelichte er sich mit der Tochter eines Heilbronner Bürgers (Heermann) und wurde zugleich Oberamtswundarzt und später Stadt- und Armenarzt. Am geselligen Leben der Stadt nahm er regen Anteil. Nach drei Jahren erschien sein Hauptwerk: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel.“ Diese Schrift sollte ursprünglich wieder in Liebigs Annalen erscheinen; Liebig lehnte sie aber ihrer Größe wegen ab und verwies Mayer an Poggendorff, was dieser aber natürlich nicht tat. Da er auch keinen Verleger finden konnte, blieb ihm nichts anderes übrig, als die Arbeit auf eigene Kosten drucken zu lassen; ebenso im Jahre 1848 eine zweite Arbeit: „Beiträge zur Dynamik des Himmels.“ Wieder fehlten aber die Leser. Den Physikern blieben beide Schriften unbekannt. Das ist um so merkwürdiger, als gerade in jener Zeit auf Anregung des Physikers Magnus in Berlin die deutsche physikalische Gesellschaft entstanden war, die es sich zur Aufgabe machte, in Jahresberichten die gesamte neu erscheinende Literatur sorgfältig zu sammeln, und weil der Berichterstatter über die hier in Betracht kommende Literatur der hervorragendste Sachkenner war, der überhaupt gefunden werden konnte, nämlich Helmholtz.

Der erste Band dieser Jahresberichte betitelt: „Die Fortschritte der Physik im Jahre 1845“, welcher 1847 erschien, enthält weder eine Angabe über Robert Mayers im Jahre 1845 erschienene bedeutendste Schrift: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammen-

hang mit dem Stoffwechsel", noch auch eine Andeutung über seine im Jahre 1842 in Liebigs Annalen erschienene grundlegende Schrift, obschon sich ein von Helmholtz selbst geschriebener ausführlicher Bericht über eine von Liebig selbst verfaßte, in denselben Annalen 1845 veröffentliche Abhandlung vorfindet, in welcher ähnliche Gedanken ausgesprochen werden, wie sie Robert Mayer dargelegt hatte. Unter Hinweis auf diesen Bericht im Band 1 wird dann in Band 3, 232, 1850 Robert Mayers Schrift von 1845 kurz zitiert, mit der Bemerkung, sie enthalte im wesentlichen dieselben Gedanken, die schon in dem genannten Referat dargelegt seien.

In Band 4, 66, 1852 sagt Helmholtz von Robert Mayers wichtigster Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents aus den spezifischen Wärmen der Gase, das sei gar nichts anderes, als was Holtzmann bereits 1845 veröffentlicht habe. Er wußte gar nicht, daß Mayers Abhandlung schon 1842 erschienen war!

Erst in Band 7, 566, 1855 erwähnte Helmholtz in einem Sammelbericht ganz flüchtig, von Robert Mayer sei die Ansicht, man müsse die Wärme als eine Bewegungsform, nicht als einen Stoff betrachten, zuerst aufgestellt worden — Rumford wird nicht zitiert —. Sie sei dann später von Joule und von ihm selbst (Helmholtz) weiter verarbeitet worden.[1] Ferner rühre auch der Gedanke, das mechanische Wärmeäquivalent aus den spez. Wärmen der Gase zu berechnen, von Robert Mayer her und sei dann später von Joule und Holtzmann aufgenommen worden.

Außer diesen wenigen kurzen Bemerkungen und einigen ähnlichen, die der Erwähnung nicht wert sind, findet sich in den Jahresberichten der deutschen physikalischen Gesellschaft nichts über das Lebenswerk von Robert Mayer. Waren nun seine Schriften, insbesondere die 1845 erschienenen, bei Abfassung des Jahresberichts von 1845 übersehen worden, so hätten die Leser unter Vermerk

---

[1] Helmholtz wollte in der Tat mehr beweisen als Rob. Mayer, nämlich daß alle Energieformen, außer sichtbarer Bewegung also auch potentielle Energie, elastische Spannung elektrische und magnetische Energie, chemische Affinität usw. verborgene Bewegungszustände seien, welches Ziel später von seinem Schüler H. Hertz (aber ohne Erfolg) weiter verfolgt worden ist. (Siehe meine Schrift: »Feier . . . des 25jähr. Jub. d. Hertz'schen Entdeck.«. Verh. d. Karlsr. nat. Vereins **26**, 1914; ferner: Max Born, Phys. Zeitschr. **17**, 51, 1916; W. Nernst, Ber. d. D. phys. Ges. 1916, 83; A. Einstein, Elektrot. Zeitschr. 1916; K. Fajans, Phys. Zeitschr. **16**, 476, 1915; P. Debye, Sitzb. Akad. München 1915, 1.

dieses Versehens im folgenden oder einem der späteren Bände über den Inhalt genauer unterrichtet werden können und müssen. Daß dies unterblieben ist und erst relativ spät eine kurze Andeutung davon gegeben wird, zumal in der eigentümlichen Form, der Inhalt sei im wesentlichen der gleiche wie der der Schriften von Liebig, Helmholtz, Joule und Holtzmann, die doch erst später erschienen waren, hat zu der Auffassung Anlaß gegeben, den Schriften Robert Mayers komme überhaupt keine Bedeutung zu, man brauche keine Rücksicht darauf zu nehmen.

So sagt Heinrich von Treitschke in seiner „Deutschen Geschichte im 19. Jahrhundert" 1894 S. 430: „Ähnliche Ideen (die Physik als Bewegungslehre aufzufassen, wie es Helmholtz tat) hatte kurz zuvor, ohne daß Helmholtz darum wußte, der Heilbronner Arzt Robert Mayer ausgesprochen, einer jener unseligen, zwischen Genie und Wahnsinn schwankenden Geister, die unter den Erfindern und Entdeckern nicht selten erscheinen."

Während nun aber vor Erscheinen der Abhandlungen von Robert Mayer, abgesehen von den zitierten Schriften von Rumford und Mohr der Gegenstand in physikalischen Zeitschriften gar nicht behandelt worden war, erschienen nun in rascher Folge eine Reihe von Abhandlungen ähnlichen Inhalts, deren Autoren die Schriften Mayers gar nicht zitierten, so daß sich dieser zu unerquicklichen Prioritätsreklamationen genötigt sah, insbesondere zu einer kurzen Darlegung seiner Ergebnisse in der „Augsburger Allgemeinen Zeitung". Als darauf eine Antwort seitens eines Tübinger Privatdozenten (der übrigens wissenschaftlich kaum bekannt geworden ist) erschien, die den Wert seiner Arbeit ganz und gar in Abrede stellte und als die Redaktion eine Erwiderung darauf gar nicht zuließ, verfiel Robert Mayer einer nervösen Erkrankung, gelegentlich welcher er am 28. Mai 1850 im Delirium sich unangekleidet aus dem Fenster des zweiten Stockwerkes herunterstürzte und sich schwere Verletzungen, insbesondere an den Füßen zuzog. Immerhin war er am Schlusse desselben Jahres soweit hergestellt, daß er eine Verteidigungsschrift betitelt: „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme" herausgeben konnte, die ihn wieder im Vollbesitz der geistigen Kräfte zeigt. Trotzdem wurde er für geisteskrank erklärt und erst in einer Kaltwasserheilanstalt, dann in einer Irrenanstalt untergebracht, wo man seine Verbitterung, die durch die schlechte Aufnahme seiner Publikationen entstanden war, durch den Zwang-

stuhl zu kurieren suchte. Erst Ende 1853 zog er wieder in seine Wohnung ein, natürlich allseits mit Mißtrauen betrachtet.

Man hat den Physikern, in erster Linie natürlich dem Berichterstatter Helmholtz, welcher übrigens damals Mediziner war, einen Teil der Schuld an diesem tragischen Schicksal Robert Mayers zugeschrieben. Wer aber weiß, wie viel Studium und wieviel gründliche und genaue Kleinarbeit in der Regel dazu nötig sind, Fortschritte auf physikalischem Gebiet zu erzielen, der wird auch begreifen, daß die Physiker allzeit sehr wenig Neigung gehabt haben, ihre Zeit auf das Studium von Publikationen von Nichtphysikern zu verwenden, von welchen anzunehmen war, daß sie die nötige Vorarbeit nicht geleistet haben. Die Bewältigung der Literatur ist selbst bei solchem Verzicht noch für die meisten eine unmögliche Arbeit. Es gibt auf dem Gebiete der Physik eben kein Patentamt, welches in möglichst kurzen und präzisen Sätzen feststellt, was in einer neuen Publikation wirklich neues enthalten ist.

Robert Mayer hatte wenigstens noch die Genugtuung, daß noch vor seinem Tode der Wert seiner Schriften erkannt wurde. Außer den Arbeiten und Vorträgen von Helmholtz und von Clausius hat dazu hauptsächlich die populäre Schrift von Tyndall „Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung" 1865 (deutsch herausgegeben von Helmholtz und Wiedemann 1867) beigetragen. Leicht verständlich geschrieben, weckte sie überall Begeisterung für die neue Entdeckung des inneren Zusammenhangs aller Naturerscheinungen. Im Jahre 1869 wurde Robert Mayer von der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte eingeladen, einen Vortrag zu halten, was auch geschah. Die meisten Akademien und viele gelehrte Gesellschaften wählten ihn zum Mitgliede, auch wurden ihm eine Anzahl wertvoller Preise zuerkannt. Überdies erhielt er den württembergischen Personaladel.

Liebig schrieb 1868: „Wie unendlich fruchtbar ist doch das Prinzip der Erhaltung der Kraft in der Naturwissenschaft geworden und wenn ich daran denke, daß die erste Abhandlung Mayers weder Poggendorff noch ein anderer drucken wollte, und daß man ihn für einen Narren in Heidelberg und Karlsruhe erklärte, so erscheint der geistige Fortschritt von da an bis heute ganz wunderbar." Tyndall nannte ihn geradezu das größte Genie des 19. Jahrhunderts. Auch andere hervorragende Männer wie Schönbein, Moleschott, Mohr, Clausius, Hirn, Verdet, Saint-Robert u. a. haben

seinen Arbeiten warme Anerkennung gespendet. Darüber hinaus sagt Weyrauch, der die Mayerschen Arbeiten und seinen Lebensgang mit besonderer Gründlichkeit studiert hat: „Er ist nicht nur ein Bahnbrecher der Erkenntnis, ein Märtyrer der Wissenschaft, sondern auch ein Förderer des Geweinwohls, ein charaktervoller und guter Mensch gewesen."

Durch letzteres erklärte sich auch die außerordentlich große Teilnahme bei seinem Begräbnis. Da es zufällig an Kaisers Geburtstag stattfand, wurden zum Zeichen der allgemeinen Trauer die Fahnen während des Begräbnisses eingezogen. Die Stadt Heilbronn hat ihm am 25. November 1892 ein Bronzedenkmal auf ihrem Marktplatz errichtet, der Verein Deutscher Ingenieure eine Marmorbüste vor der technischen Hochschule in Stuttgart (auch in unserer Aula befindet sich Robert Mayers Bildnis), ferner eine Bronzetafel an seinem Wohnhaus in Heilbronn; das deutsche Museum für Meisterwerke der Naturwissenschaften und der Technik in München stellte in seinem Ehrensaal eine Marmorherme von Robert Mayer auf und bewahrt seinen Apparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents in seiner Sammlung.

Als Vertreter des Naturwissenschaftlichen Vereins möchte ich zum Schlusse dem Verein Deutscher Ingenieure danken, dafür, daß er auch diese Gelegenheit wieder benutzt hat, die Verdienste Robert Mayers in Erinnerung zu bringen. Dank sei auch allen, die heute erschienen sind und so die Feier in unserem kleinen Kreise ermöglicht haben.

Zum 70. Geburtstag von W. C. v. Roentgen.

Von **O. Lehmann**.

In meinem letzten Vortrage (Zum 100. Geburtstag von Robert Mayer) gab ich das wissenschaftliche Lebensbild eines Mannes, dessen hochwichtige Forschungen von seinen Zeitgenossen trotz vielfacher populärer Publikationen anfänglich völlig verkannt wurden, dessen Leben sich infolgedessen unglücklich gestaltete, wenn er auch schließlich die Genugtuung hatte, seine Ergebnisse von Wissenschaft und Technik anerkannt und gebührend gewürdigt zu sehen.

Anders bei Wilhelm Konrad von Roentgen, dessen 70. Geburtstag auf den 27. d. M. fällt — gerade in unsere Ferien, weshalb wir ihn schon in heutiger Sitzung feiern. Roentgen hat über seine wichtigste Entdeckung, die nach ihm benannten Strahlen, nur zwei sehr kurze Abhandlungen in einer wenig zugänglichen Zeitschrift veröffentlicht. Nichtsdestoweniger wurde er dieser Entdeckung halber sofort in der ganzen Welt hoch gefeiert.

Er ist geboren am 27. März 1845 in Lennep in der Rheinprovinz. Sein Studium absolvierte er in Zürich unter Leitung von Kundt, dessen Assistent er 1872 nach seiner Übersiedelung nach Straßburg wurde. Heute ist er der Physiker der Universität München. Auf die vielen Ehrungen [1], die ihm anläßlich seiner Entdeckung zuteil wurden, näher einzugehen, scheint mir nicht nötig, sie verschwinden gegenüber dem Denkmal, das er sich selbst durch seine Entdeckung setzte. Mit Freude können wir diese als eine deutsche Tat bezeichnen, die außerordentlich segensreich gewirkt

[1] In Berlin, wohin er eine Berufung ablehnte, wurde ihm ein Denkmal errichtet; in Würzburg, wo er zur Zeit der Entdeckung der X-Strahlen als Ordinarius tätig war, eine Gedenktafel. Er wurde wirklicher Geheimrat, in den Adelstand versetzt und durch Verleihung des Nobelpreises ausgezeichnet.

hat und tagtäglich wesentlich dazu beiträgt, die zahllosen Wunden, die der schreckliche Krieg schlägt, zu heilen. Auch den eigentlichen Ausgangspunkt der Entdeckung haben wir in Deutschland, speziell hier in Karlsruhe, zu suchen, wie ich schon in dem Festvortrag zum 25-jährigen Jubiläum der Entdeckungen von Heinrich Hertz in unserem Verein gerade vor einem Jahre ausgeführt habe.

Auf Grund der Forschungen des Physikers Hittorf in Münster, welcher fand, daß von der Kathode hochevakuierter Geißlerscher Röhren Strahlen ausgehen, die von ihnen getroffene fluoreszenzfähige Stoffe zum Leuchten bringen können, war Hertz (1892) zu dem Ergebnis gelangt, daß solche Kathodenstrahlen dünne Metallschichten durchdringen können. Seinem Assistenten Lenard (jetzt Physiker der Universität Heidelberg) war dann gelungen, die Kathodenstrahlen durch eine mit dünnem Aluminiumblech (Aluminiumfolie) bedeckte Öffnung sogar in die gewöhnliche Luft austreten zu lassen, somit einen Fluoreszenzschirm auch außerhalb des Rohres durch ihre Einwirkung zum Leuchten zu bringen.

Roentgen wiederholte Lenards Versuch und fand zu seiner Überraschung, daß unter Umständen der Fluoreszenzschirm auch hell aufleuchtet, wenn ein Aluminiumfenster nicht vorhanden ist. Es mußte also noch eine andere Strahlung existieren, die das Leuchten erregen konnte und imstande war, sogar die relativ dicke Glaswand der Röhre zu durchsetzen. Daß sie etwas anderes war, als die von Lenard entdeckte Strahlung, gab sich auch dadurch kund, daß sie nicht wie letztere von einem Magneten abgelenkt wurde. Lichtstrahlung konnte es auch nicht sein, denn sie vermochte dicke Schichten undurchsichtiger Stoffe wie Pappdeckel, Holz, Ebonit, Blech usw. zu durchsetzen, wurde auch nicht reflektiert und nicht gebrochen. Vorläufig wurden die neuen Strahlen deßhalb als X-Strahlen bezeichnet, weil der Mathematiker unter X eine unbekannte Größe zu verstehen pflegt. Das aber, was sofort die Aufmerksamkeit der ganzen Welt erregte, war der Umstand, daß man mittelst der neuen Strahlen, weil sie eine Substanz um so weniger durchdringen, je dichter sie ist, die Knochen im lebenden Körper sehen und sogar photographieren konnte, ohne diesen zu schädigen.

Im Dezember 1895 drang von Wien aus die Kunde dieses Wunders in die Welt. Am 23. Januar 1896 demonstrierte es Roentgen zum ersten Male in der Sitzung der physikalischen und medizinischen Gesellschaft in Würzburg. In unserem Verein berichtete ich

darüber bereits am 7. Februar des gleichen Jahres und der Vortrag mußte in rascher Folge noch mehrmals wiederholt werden, nämlich am 21., 24., 27., 28., 29. Februar und 2. März, ein Zeichen, wie groß auch hier das Interesse war. Dazu war die Demonstration damals durchaus nicht leicht. Röntgen hatte nämlich in seiner kurzen Mitteilung eine so knappe Beschreibung des Verfahrens gegeben, daß die meisten, welche die Versuche wiederholen wollten, damit nicht zurecht kamen.

Tausende und abertausende Röhren wurden vergeblich konstruiert, sagt Fr. Dessauer, in Hast und Drang des neuen, allerdings auch gewaltigen und tiefeingreifenden Ereignisses. Und wie glücklich war man, wenn man nach vielen Enttäuschungen am schwachen Aufleuchten von ein wenig Bariumplatincyanür nur merkte, daß wirklich einige X-Strahlen entstanden. Alle Bilder zeigten unscharfe verwaschene Konturen. Verwendung in der Medizin schien also leider ausgeschlossen. Erst in der viel später erschienenen zweiten Abhandlung teilte Röntgen mit, daß die von ihm benützte Röhre eine solche sei, wie sie Crookes zur Demonstration der Wärmewirkungen der Kathodenstrahlen gebraucht hatte, bei welcher also die Kathodenstrahlen auf ein Platinblech fallen. Nun kamen bald brauchbare Röhren in den Handel, es wurden auch die Fluoreszenzschirme verbessert und an Stelle des langsam arbeitenden Wagnerschen Hammers der Induktorien traten rascher arbeitende mit Motor betriebene Unterbrecher, Turbinenunterbrecher und schließlich der besonders einfache und leistungsfähige Wehneltunterbrecher.

Anfänglich glaubte man, die Intensität der Röntgenstrahlen müsse um so größer werden, je größer die Zahl der Funken pro Sekunde. Die gleichzeitig sich entwickelnde Ionenstoßtheorie der Entladung lehrte aber die Unrichtigkeit dieser Annahme.

Erfolgt ein Induktionsstoß, so wächst die Spannungsdifferenz der Elektroden der Röhre zunächst stark an, da die Luft nur wenig Elektronen enthält, die nur geringe Stromstärke vermitteln können. Dieselben erhalten infolge der hohen Spannungsdifferenz große Geschwindigkeit und die Röntgenstrahlen, welche sie beim Auftreffen auf die Antikathode auslösen, sind sogenannte harte Strahlen, welche feste Körper im allgemeinen leicht durchdringen. Durch Zusammenstoß dieser rasch bewegten Elektronen mit Molekülen, d. h. infolge der Durchquerung der Atome durch diese Elektronen, ferner durch das Aufstoßen der positiven Atomreste oder Archionen, der

sogenannten Kanalstrahlen, auf die Substanz der Kathode bilden sich rasch immer mehr Elektronen und Archionen, so daß der Widerstand der Röhre und damit die Spannung, somit auch die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen und die Härte, d. h. das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen sinkt. Ist der Zwischenraum zwischen zwei Entladungen zu klein, so verschwindet die Ionisation nicht mehr in genügendem Maße, ebensowenig die an der Antikathode erzeugte Wärme, die weichen Strahlen werden in dem Gemisch vorherrschend und die Absorption in dem durchleuchteten Gegenstand steigt so hoch, daß Kontraste nicht mehr hervortreten, Einzelheiten nicht mehr zu erkennen sind. Ferner läßt die Röhre mehr und mehr den niedriger gespannten, umgekehrt verlaufenden Schließungsinduktionsstrom durch, welcher durch die Zerstäubung der Antikathode die Röhre verdirbt und geradezu unbrauchbar machen kann. Bei dem Turbinenunterbrecher läßt sich die Frequenz durch Änderung der Umdrehungszahl leicht regulieren, weniger gut bei dem Wehneltunterbrecher. Hier geht der Strom von der bis auf einen kurzen Platin- oder Nickelstift durch Porzellan isolierten Anode durch verdünnte Schwefelsäure zu einem als Kathode dienenden Bleiblech. Die Erhitzung des Anodenstifts bedingt die Bildung einer Dampfschicht, welche den Strom unterbricht, der sich aber nach der hierdurch bedingten Beseitigung der Dampfschicht wieder in früherer Stärke herstellt und eine neue Dampfschicht bildet in einer Zeit, die durch die Selbstinduktion der Primärspule bedingt ist. Um diese zu regulieren, können verschieden große Windungszahlen mittelst des sogenannten Reaktanzschalters eingeschaltet werden. Man nimmt zunächst die größte Windungszahl, also die größte Selbstinduktion, zieht den Stift des Wehneltunterbrechers tunlichst in das Porzellanrohr zurück und stellt den Stromregulator auf schwach, d. h. schaltet möglichst viel Widerstand ein. Schließt man nun den Primärstrom, so werden zunächst keine Stromunterbrechungen stattfinden. Nun schaltet man allmählich am Stromunterbrecher immer mehr Widerstand aus, bis die Funken einsetzen, wobei man die scheibenförmige Elektrode der Sekundierspule als Kathode benützt. Die Röntgenröhre darf noch nicht eingeschaltet sein. Sind die Funken dünn und rötlich, von einem Zischen begleitet, so ist die Stiftlänge zu gering, sind sie dick, gelblich und stumpf, so ist die Stiftlänge zu groß. Sie muß also so reguliert werden, daß blendend weiße knatternde Funken übergehen.

Schaltet man nun die Röntgenröhre an und ist die Spannung noch nicht ausreichend, den Stromdurchgang zu erzwingen, so muß die Selbstinduktion, d. h. die Zahl der benutzten Windungen der Primärspule vermindert werden, bis die Spannung eben die richtige ist. Erscheint nun die Funkenfolge noch zu langsam, so kann man sie erhöhen durch weitere Ausschaltung von Widerstand. Mittelst des Etappenschalters lassen sich größere Stufen ausschalten, mittelst des Stromregulators kleinere.

Den durch die Röhre gehenden Strom mißt man mittelst eines Milliamperemeters, welches nach Klingelfuß zweckmäßig in der Mitte der Sekundärspule angebracht wird. Hierbei ist nämlich besondere Isolation unnötig, weil in der Mitte der Spule weder positive noch negative Spannung, sondern die Spannung Null herrscht. Die Spannungsdifferenz der Enden der Sekundärspule beurteilt man nach Klingelfuß mittelst einer in der Mitte um die Sekundärspule gelegten Probewickelung, welche mit einem Hitzdrahtvoltmeter verbunden ist (Sklerometer).

Zeigt das Milliamperemeter beim Stromdurchgang durch die Röhre stetig steigende Stromstärke, das Voltmeter entsprechend fallende Spannung an, so ist die Belastung der Röhre zu stark, sie verändert ihren Gasinhalt, indem aus den Elektroden Gas entweicht, so daß sie immer weicher und schließlich unbrauchbar wird. Es ist somit nötig, die Stromstärke zu vermindern, mittelst des Stromregulators, eventuell, falls dies nicht reichen sollte, durch Verkleinerung der Stiftlänge und schließlich durch Erhöhung der Selbstinduktion. Wird umgekehrt die Spannung immer höher, die Stromstärke immer geringer, d. h. wird der Gasinhalt der Röhre absorbiert, wodurch die Röhre allmählich immer härter und schließlich ebenfalls unbrauchbar wird, so muß man durch dieselben Mittel in umgekehrter Gebrauchsweise die Stromstärke erhöhen. Sie hat den richtigen Wert, wenn die Angaben von Milliamperemeter und Voltmeter im wesentlichen konstant bleiben. Die Lebensdauer der Röhre ist in solchem Falle am größten.

Ganz läßt sich die Röhre freilich nicht unverändert erhalten. Ist sie etwas zu weich geworden, so läßt man sie längere Zeit ruhen und gebraucht sie nur bei zu schwachem Strom. Wurde sie zu hart, so ist es nötig, Gas einzuführen, wozu die an jeder Röhre angebrachte Regeneriervorrichtung dient, früher gewöhnlich ein Röhr-

chen mit Ätzkali oder Kohle, welche beim Erwärmen etwas Gas abgeben, heute gewöhnlich ein Palladiumröhrchen, welches beim Erwärmen etwas Gas durchläßt oder Glimmer, der durch einen Zweigstrom erhitzt wird und Wasserdampf abgibt oder ein mit poröser Masse verstopftes Kapillarröhrchen, welches durch Quecksilber abgeschlossen ist, aber Luft passieren läßt, wenn mittelst Luftdruck das Quecksilber vorübergehend weggedrückt wird. Nach der Regeneration muß die Röhre erst etwas ruhen.

Um den Durchgang von Schließungsstrom durch die Röntgenröhre zu hindern, wird eine Ventilröhre in deren Stromkreis eingeschaltet, d. h. eine Vakuumröhre, deren eine Elektrode weit von der Glaswandung absteht, während die andere eng von derselben umschlossen ist. Der Strom kann bei passendem Vakuum, welches eventuell wieder mit der Regeneriervorrichtung zu regeln ist, nur dann hindurch gehen, wenn die freie Elektrode Kathode ist, da in der anderen die Eletronen an der Glaswand anstoßen und diese negativ elektrisch machen, ehe sie die zur Erhöhung der Leitfähigkeit der Luft durch Ionenstoß erforderliche Geschwindigkeit erlangt haben. Die freie Elektrode muß also an die Kathode des Induktoriums angeschlossen werden. Ob die Ventilröhre wirkt und wirklich nur Stromstöße von gleicher Richtung durchläßt, wird durch eine eingeschaltete Geißlersche Röhre mit langen Elektroden kontrolliert. Nur auf einer derselben darf sich blaues negatives Glimmlicht zeigen.

Sollen scharfe Bilder entstehen, so müssen die schattenwerfenden Röntgenstrahlen möglichst von einem einzigen Punkt der Antikathode ausgehen, d. h. der Brennfleck, in welchem die Kathodenstrahlen zusammentreffen, muß möglichst geringe Ausdehnung haben und muß diese behalten, auch darf er nicht hin- und herwandern. Letzteres kann durch magnetische Ablenkung bedingt sein, wenn sich das Induktorium in zu großer Nähe befindet, aber auch durch elektrische, weil die Antikathode die negative Elektrizität der Kathodenstrahlen aufnimmt und diese zurückstößt. Es muß also für gute Ableitung der negativen Elektrizität gesorgt werden, was dadurch geschieht, daß man die Antikathode in leitende Verbindung mit der Anode bringt. Auch Regenerieren während der Röntgenaufnahme bedingt unscharfe Bilder, da die eintretende Luft Verschiebung des Brennflecks zur Folge hat.

Da sich im Brennfleck die Antikathode sehr stark erhitzt, muß dafür gesorgt werden, daß sie nicht angeschmolzen wird. Man nimmt deshalb ein Metall von hohem Schmelzpunkt, neuerdings gewöhnlich Wolfram, welches zugleich großes Atomgewicht hat, wie es für guten Wirkungsgrad der Umsetzung der Kathodenstrahlenergie in Energie der Röntgenstrahlung erforderlich ist. Ferner wird die Kathode mit Kühlvorrichtungen versehen, unter welchen die Müllersche Wasserkühlung sich besonders bewährt hat. Bei unruhigen, lebenden Objekten kann die Schärfe der Bilder durch die fortgesetzte Verschiebung beeinträchtigt werden. Man sucht deshalb mit möglichst kurzer Expositionsdauer auszukommen, d. h. mit kurzen, starken Induktionsstößen, eventuell auch mit einem einzigen (Moment- oder Blitzaufnahmen). Bei Röhren, die mit 40 bis 60 Milliampere belastet werden sollen, muß der Brennfleck einen Durchmesser von 3—5 Millimeter haben, wenn Anschmelzen (Anstechen) vermieden werden soll. Im allgemeinen werden die Bilder bei schwachem Strom und langer Exposition besser. Zur Messung der Ausdehnung des Brennflecks dient das sogenannte Fokometer, welches z. B. nach dem Prinzip der Lochkamera konstruiert sein kann oder nach dem Prinzip der Probeabbildung undurchlässiger Objekte in verschiedenen Entfernungen.

Sehr störend ist der Umstand, daß Röntgenstrahlen nicht nur vom Brennfleck ausgehen, sondern, da sich da, wo Röntgenstrahlen auftreffen, sogar in dem von diesem durchdrungenen Körper, Sekundärstrahlen bilden, von vielen anderen Punkten, weshalb sich über das reine Bild ein ganz diffuses lagert, das dasselbe verschleiert und unter Umständen ganz unterdrückt. Ganz besonders treten solche Sekundärstrahlen bei sehr harten Röhren auf; man nimmt deshalb die Röhrenhärte nicht größer, als durchaus nötig, und blendet die aus der Röntgenröhre austretenden Sekundärstrahlen durch ein Bleidiaphragma (Schlitz- oder Irisblende) oder besser ein Bleirohr (Tubusblende) ab, hindert auch das Eindringen unnötiger Röntgenstrahlen in den zu durchleuchtenden Körper durch Abdecken aller nicht in Betracht kommenden Stellen in der Nähe mit Bleiblech. Die photographische Platte muß ohne Luftzwischenraum dem Objekt anliegen und der nötige Abstand derselben vom Brennfleck (50—70 cm) durch passende Befestigung der Röntgenröhre in einem Stativ hergestellt werden und zwar so, daß der Brennfleck senkrecht über der Mitte der Platte steht und die Achse

der Röntgenröhre der Platte annähernd parallel läuft, da dann die Intensität der Strahlung am größten ist.

Unter spezifischer Härte einer Röhre versteht man diejenige, welche sie beim Strom 1 Milliampere zeigt. Röhren von gleicher spezifischer Härte sind aber keineswegs gleichwertig, denn sie können sehr verschiedene Charakteristik haben, d. h. die Spannung (Härte) kann mit wachsender Stromstärke nur langsam oder rasch anwachsen und zwar bei normalem Gebrauch, d. h. ohne Änderung des Gasinhalts der Röhre. Zur Durchleuchtung dicker Objekte, die eben wegen der unvermeidlichen, im Objekt selbst entstehenden Sekundärstrahlen sehr schwierig ist, müssen Röhren mit steiler Charakteristik verwendet werden.

Wie bei jedem elektrischen Strom ist die Stromarbeit, somit hier auch die Röntgenstrahlenarbeit, proportional dem Produkt von Stromstärke, Spannung und Zeit, d. h. dem Produkt der Milliampere, der Härte und der Sekunden. Harte Strahlen gehen aber auch durch die photographische Platte leicht hindurch, d. h. die absorbierte Strahlenmenge, somit der photographische Effekt ist umgekehrt proportional der Härte. Demgemäß ist für die photographische Aufnahme maßgebend das Produkt der Milliampere und der Sekunden, d. h. das Produkt der Stromstärke mit der Expositionszeit. Aus Tabellen kann man entnehmen, wie groß dasselbe für verschiedene Zwecke sein muß. Indem man diese Zahl mit der Stromstärke dividiert, erhält man also die erforderliche Expositionszeit.

Durch Verwendung von Verstärkungsschirmen, d. h. durch Auflegen dünner Folien auf die Schichtseite der Platte, welche unter Einfluß der durch sie hindurchdringenden Röntgenstrahlen fluoreszieren und, da sie mit der präparierten Seite der Schichtseite der Platte unmittelbar anliegen, ebenfalls auf letztere einwirken, kann die Expositionszeit wesentlich herabgesetzt werden. Die Qualität der Bilder ist aber wesentlich von der Korngröße dieser Folien abhängig und davon, daß sie nicht nachleuchten.

Steht zum Betrieb eines Funkeninduktors nicht Gleichstrom, sondern nur Wechselstrom zur Verfügung, so kann man letzteren durch einen Wechselstrom-Gleichstromtransformator in Gleichstrom umwandeln oder man kann mittelst eines Synchronmotors einen rotierenden Hochspannungs-Stromschlüssel (sogenannten Gleichrichter) betreiben, welcher den Strom immer nur dann der Röhre

zuleitet, wenn er die richtige Richtung hat, während er ihn bei entgegengesetzter Richtung durch einen Hochspannungswiderstand leitet. Durch geeignete Gestaltung des Stromschlüssels kann auch dafür gesorgt werden, daß z. B. nur der Teil der Stromwelle, welcher hohe Spannung besitzt, durch die Röhre geht, so daß vorwiegend harte Strahlen entstehen, oder daß zwar die ganze Stromwelle zur Wirkung kommt, aber jeweils ein Stromstoß ausfällt, die Induktionsstöße also in größeren Pausen erfolgen.

In manchen Fällen ist die auch noch bei Brennfleckabständen von 50—70 cm auftretende der Divergenz der Strahlen entsprechende Verzerrung der Bilder störend. Bei dem orthodiagraphischen Verfahren vermeidet man dies durch Verschiebung der Röntgenröhre unter Mitverschiebung des zeichnenden Stiftes. Durch Röhren mit zwei Kathoden kann man stereoskopische Bilder erzielen, die im Stereoskop deutliche Vorstellung der Struktur geben. Durch Momentaufnahmen lassen sich kinematographische Films gewinnen.

Die weitere Ausbildung der Theorie der elektrischen Entladung, insbesondere die Entdeckung, daß aus glühenden Körpern von selbst Elektronen austreten, führten neuerdings zur Konstruktion einer außerordentlich leistungsfähigen Röntgenröhre, deren Härte sich ganz nach Bedarf regulieren läßt, der Coolidge-Röhre. Die Kathode ist hier eine winzige ebene Spirale von 5 Windungen von Wolframdraht von 0,2 mm Dicke, welche durch eine kleine hochisoliert aufgestellte Akkumulatorenbatterie zur hohen Weißglut (2450°) erhitzt wird. Das Rohr ist bis auf etwa $\frac{1}{100\,000}$ mm Quecksilberdruck evakuiert, so daß, solange die Kathode kalt ist, bei der angewandten Spannung von etwa 70 Kilovolt (= 7 cm Schlagweite) überhaupt kein Strom hindurchgeht. Wird nun aber die Spirale geheizt, so entwickeln sich aus derselben so viele Elektronen, daß der Strom alsbald auf 25 Milliampere anschwillt und diese Stärke sowie die Spannung dauernd behält, da eine Gasentwicklung aus den zuvor lange im Vakuum geglühten Elektroden nicht erfolgt und Gasabsorption nichts an der Härte der Röhre ändern würde, da diese eben durch die Zahl der aus dem Wolfram frei werdenden Elektronen bestimmt ist. Ein schwach konischer Mantel aus Molybdän, welcher mit der Kathode verbunden ist, bewirkt durch elektrische Ablenkung die Konzentration der Kathodenstrahlen auf den Brennfleck der Antikathode. Ebenso wie andere Röntgenröhren besteht auch diese Röhre aus Glas.

Zehnder, der früher als Assistent von Röntgen tätig war, ist es in allerneuester Zeit geglückt, die Röhre zerlegbar aus Metall herzustellen, was nicht nur deren Zerbrechlichkeit beseitigt, sondern auch Schutzvorrichtungen überflüssig macht. Kathode und Anode sind durch einen dicken Porzellankörper von einander isoliert. Die Kathode kann sehr groß und ebenso wie bei der Coolidge-Röhre aus Wolfram hergestellt sein, sonst erfolgt die Regenerierung durch elektrisch geheizte Kohle. Die Kathode kann verschoben und dadurch der Brennfleck genau auf die Antikathode gebracht werden, eventuell falls diese angeschmolzen sein sollte, auf eine andere Stelle. Da die Röhre zerlegbar ist, können einzelne Teile ausgewechselt werden und die Abtrennung von der Pumpe erfordert also kein Abschmelzen. Sie soll bis 1000 mal so starke Strahlen geben wie gewöhnliche Röhren.

Die wunderbarsten Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen sind nun aber nicht durch Verbesserung der Technik ihrer Herstellung erzielt worden, sondern durch tieferes Eindringen in das eigentliche Wesen der Strahlen.

Wie schon bemerkt, entstehen sie beim Auftreffen der Kathodenstrahlen auf die Antikathode. Die in den Kathodenstrahlen bewegten Elektronen müssen von einem Magnetfeld begleitet werden, dessen Kraftlinien zur Bewegungsrichtung senkrecht stehende konzentrische Kreise sind. Dieses Feld verschwindet beständig auf der Rückseite und bildet sich auf der Vorderseite neu; es herrscht eine ständige Energieströmung in der Nähe der Elektronen, deren Stromlinien senkrecht zu den elektrischen und zu den magnetischen Kraftlinien verlaufen. Die elektrischen Kraftlinien behalten nicht ihre geradlinige Form und ihre gleichmäßige radiale Verteilung, sondern suchen sich in eine Ebene senkrecht zur Richtung der Bewegung zusammenzuziehen.

Trifft ein solches fortschreitendes Elektron auf ein Hindernis, z. B. ein materielles Molekül, so kann zweierlei eintreten. Ist die Spannungsdifferenz der Elektronen oder was auf dasselbe hinauskommt, der Spannungsabfall im Kathodendunkelraum, durch welchen die Elektronen beschleunigt werden und die Geschwindigkeit erhalten, die sie beim Verlassen des Dunkelraumes besitzen, kleiner als 11 Volt, was einer Geschwindigkeit von 2 Millionen Meter pro Sekunde entspricht, so wird das Elektron von dem Atom, auf welches es auftrifft, aufgehalten, es bleibt gewissermaßen daran kleben

und beide zu einem Ion vereinigt, bewegen sich nun mit verminderter Geschwindigkeit weiter, auch an andere Moleküle, die sie treffen, Geschwindigkeit abgebend und so den sogenannten elektrischen Wind erzeugend. Infolge des Gehalts von derartigen negativen Ionen erscheint die von Kathodenstrahlen getroffene Luft unipolar elektrisch leitend, d. h. bringt man in dieselbe ein positiv geladenes Elektroskop, so verliert dasselbe seine Ladung sofort, da sie neutralisiert wird durch die infolge der elektrischen Anziehung darauf zustürzenden negativen Ionen; ein negativ geladenes Elektroskop, von welchem diese Ionen abgestoßen werden, behält dagegen seine Ladung. Ist die beschleunigende Spannung größer als 11 Volt, d. h. die Elektronengeschwindigkeit größer als 2 Millionen Meter per Sekunde, so fahren die Elektronen durch die Atome hindurch und stören deren Struktur. Unelektrische Atome müssen nämlich, wie aus den Erscheinungen der Elektrolyse, der dielektrischen Polarisation usw. hervorgeht, aus entgegengesetzt elektrischen Bestandteilen bestehen, also Elektronen enthalten, die durch Kraftlinien mit den positiven Resten, den Archionen verbunden sind. Fährt ein Elektron hindurch, so bedingt dessen elektrisches Feld eine Störung des Kraftlinienverlaufs, die den Austritt von Elektronen zur Folge hat. Man sagt, durch den Elektronen- bezw. Ionenstoß finde eine Zertrümmerung der Moleküle statt. Die Wiedervereinigung der losgestoßenen Elektronen mit dem Atomrest bedingt die Lichterscheinung, das Fluoreszieren der getroffenen Materie; in einer Geißlerschen Röhre das Auftreten des blauen Glimmlichts, welches den dunklen Kathodenraum umsäumt. Bei der Spitzenentladung in gewöhnlicher Luft ist dieses Glimmlicht infolge der Bildung von Metalldampf, der sehr viel mehr Elektronen erzeugt, als gewöhnliche Luft, auf einen leuchtenden Punkt beschränkt, von dem negativ elektrischer Wind ausgeht.

Infolge der Zertrümmerung der Luftmoleküle durch den Elektronenstoß in Elektronen und Archionen, welchen Prozeß man als Ionisierung bezeichnet, wird nicht wie bei Spannungen unter 11 Volt nur ein positiv, sondern auch ein negativ geladenes Elektroskop entladen, da dieses positive Archionen und Verbindungen solcher mit Luftmolekülen, die Molionen anzieht und seine Ladung an dieselben abgibt. Die Luft wird infolge der Ionisierung gut leitend und zwischen dem blauen Glimmlicht und der Anode ist deshalb in einer Geißlerschen Röhre kein erhebliches Spannungsgefälle vorhanden,

die Elektronen bewegen sich, da sie durch ihr fortwährend verschwindendes Magnetfeld (wie man sagt, durch Selbstinduktion) immer neuen Bewegungsantrieb erhalten, in gerader Richtung unbekümmert um die Lage der Anode immer weiter fort, wie wenn sie träge Massen wären. Aus dem Gesetz über die Größe der Selbstinduktion ergibt sich, daß einem einzelnen Elektron eine träge Masse von $1{,}56 \cdot 10^{-30}$ kg zukommt. Aus dieser Masse und der Geschwindigkeit, die bei einer Elektrodenspannungsdifferenz von 2000 Volt rund 20 Millionen Meter pro Sekunde ist, ergibt sich die Stoßkraft der Ionen und die infolge der Vernichtung ihrer scheinbaren Bewegungsenergie auftretende Wärmemenge. Tatsächlich handelt es sich nicht um einen Verlust an wahrer Bewegungsenergie, eben weil die Masse keine wirkliche, sondern nur eine scheinbare ist, sondern um Verwandlung von magnetischer Energie in Wärmeenergie.

Von den das bewegte Elektron umgebenden konzentrisch kreisförmigen Kraftlinien geht also bei Durchquerung der Atome ein Teil verloren, weil die magnetische Energie zur Stoßwirkung verbraucht wird. Ein anderer Teil aber bleibt erhalten, und schreitet mit der Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter in den Raum hinaus fort, was wieder eine Folge der Induktionswirkung ist. Die an der Vorderseite des bewegten Elektrons neu entstehenden Kraftlinien müssen nämlich ringförmig sie umgebende elektrische Kraftlinien erzeugen, diese wieder magnetische usw., so daß immer weitere Ausbreitung des Magnetfeldes in den Raum hinaus eintreten muß. Von dem gebremsten Elektron löst sich also ein ringförmiges magnetisches Kraftfeld ab, das sich beständig erweitert und wenn es Atome oder Moleküle trifft, durch Störung ihrer inneren Felder in ähnlicher Weise zertrümmernd oder ionisierend wirken muß, wie Elektronen, die durch die Atome hindurchfahren, die ja im Grunde auch nichts anderes sind als elektrische und magnetische Felder, mit dem Unterschied, daß die elektrischen Kraftlinien in den Elektronen endigen, während die abgelösten elektrischen Felder die sich ausbreitenden ringförmigen magnetischen Kraftlinien ringförmig umschließen.

Aus solchen ringförmigen Wellen magnetischer und elektrischer Kraft, die mit der Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter per Sekunde in den Raum hinauseilen, bestehen die Röntgenstrahlen. Man nennt sie Röntgenimpulse. Daß sie ionisierend wirken wie Kathodenstrahlen, läßt sich leicht dadurch zeigen, daß ein geladenes Elektroskop sofort seine Ladung verliert, wenn Röntgenstrahlen in

der Nähe erregt werden. Die Wirkung kann auch dazu dienen, die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen experimentell zu bestimmen. Und geradeso wie bei den Kathodenstrahlen die Wiedervereinigung der durch Elektronenstoß freigemachten Elektronen mit den positiven Atomresten ein Leuchten, die Fluoreszenz bedingt, gilt dies auch für das Auftreffen von Röntgenstrahlen auf geeignete Stoffe, z. B. Bariumplatincyanür oder wolframsauren Kalk. Darauf eben beruht der Nachweis der Röntgenstrahlen mittelst des Fluoreszenzschirmes und die besprochene Verstärkung der Wirkung auf photographische Platten mittelst eines Verstärkungsschirmes.

Die zur Erzeugung eines Röntgenimpulses mindestens erforderliche Energie beträgt $2{,}69 \cdot 10^{-18}$ Joule. Nach der Quantentheorie, nach welcher diese Energiemenge $= 6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}}{\lambda}$ Joule sein muß, wenn λ die Impulsbreite ist, ergibt sich für letztere der Wert 74,55 Milliontel Millimeter. Welcher Bruchteil der Gesamtenergie eines Elektrons in Form von Röntgenenergie ausstrahlt, hängt ganz von der Beschaffenheit des getroffenen Atoms ab. Er wächst dem Kirchhoffschen Satz von der Äquivalenz von Emission und Absorption gemäß mit dem Atomgewicht, ist aber immer kleiner als $\frac{2}{1000}$. Man kann ihn als den Wirkungsgrad der Röntgenstrahlung bezeichnen. Platin beispielsweise strahlt als Antikathode verwendet etwa 17 mal intensiver als Kohle.

Es sind nicht nur die unmittelbar an der Oberfläche der Antikathode befindlichen Atome, welche Röntgenstrahlung aussenden; die Kathodenstrahlen dringen vielmehr bis zu einer gewissen Tiefe ein, welche proportional ihrer Geschwindigkeit, d. h. der Elektrodenspannung ist. Beispielsweise dringen bei einer Bleiantikathode die Strahlen aus einer mittleren Tiefe von $5{,}9 \cdot 10^{-5}$ cm. = 0,59 Tausendstel Millimeter. Mit Zunahme der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen steigt die Energie der Röntgenstrahlen proportional der 4. Potenz der Kathodenstrahlgeschwindigkeit, solange diese klein gegen die Lichtgeschwindigkeit ist. Sie kann ähnlich der des Sonnenlichts werden. Fände ein Eindringen der Kathodenstrahlen in die Tiefe der Antikathode nicht statt, so wären die sich ausbreitenden Kraftlinienringe parallel, die Röntgenstrahlenimpulse wären wie man sagt „gerichtet". In Wirklichkeit werden aber die Elektronen bei weiterem Eindringen

unregelmäßig abgelenkt und allmählich verlangsamt. Die Strahlung ist deshalb eine diffuse und zwar ist sie bis zu einem Emissionswinkel von 80° annähernd gleichmäßig. Auch die Impulsbreite ändert sich in weiten Grenzen; die Strahlung muß also als ein Gemisch verschiedenartiger Strahlen aufgefaßt werden, wobei die größeren Impulsbreiten überwiegen. Je größer die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, um so kleiner ist die Impulsbreite.

Die Verschiedenheit der Impulsbreite macht sich geltend durch das Durchdringungsvermögen der Strahlen. Je kleiner sie ist, d. h. je größer die Elektronenspannung, je schwerer die Röhre den Strom durchläßt, je härter, wie man sagte, die Röhre ist, um so größeres Durchdringungsvermögen haben die Strahlen, um so weniger werden sie in einem Körper, den sie durchdringen, absorbiert. Weiche Röhren, d. h. solche mit schlechtem Vakuum, welche geringe Elektrodenspannung erfordern, erzeugen im wesentlichen Strahlen, welche stark absorbiert werden und z. B. kaum durch die Fleischmasse einer Hand hindurchgehen, so daß man von dieser auf dem Fluoreszenzschirm einen schwarzen Schatten erhält, in welchem nichts von der inneren Struktur der Hand zu erkennen ist. Umgekehrt entwerfen sehr harte Strahlen einen kaum sichtbaren Schatten, in welchem ebenfalls keine Struktur zu erkennen ist, obschon sie in den Knochen etwas stärker absorbiert werden, als im Fleisch. Für medizinische Zwecke sind deshalb mittelharte Strahlen am besten geeignet, wie schon oben bemerkt wurde, oder ein Gemisch verschiedenartiger Strahlen, wie es bei Verwendung eines Induktoriums wegen der Form der Stromwellen von selbst entsteht.

Zu Beginn eines Induktionsstoßes entstehen nämlich, da die Luft noch nicht ionisiert, die Elektrodenspannung also sehr hoch ist, zunächst sehr harte, dann mit fortschreitender Ionisierung und Verminderung der Spannung immer weichere Strahlen. Bei Verwendung eines Wechselstromgleichrichters kann man durch Abkürzung der Dauer des Stromschlusses letztere abschneiden, so daß die härteren vorwiegen und z. B. im Fleisch nur etwa 5 bis 6 % absorbiert werden, während gewöhnlich 30 bis 40 % der Strahlen nicht hindurchkommen.

Die Absorption ist ungefähr der 5ten oder 6ten Potenz des Atomgewichts der absorbierenden Atome proportional; weil aber die gewöhnliche Strahlung ein Gemisch verschiedenartiger Strahlen ist, ähnlich wie sich weißes Licht aus verschiedenartigen Farben zu-

sammensetzt, kann man nicht von einem bestimmten Absorptionskoeffizienten sprechen.

Geht man von weicheren zu immer härteren Strahlengemischen, so nimmt anfänglich die Absorption ab, bis sie plötzlich sehr stark wird, nämlich bei dem Härtegrade, bei welchem die Röntgenstrahlen ähnlich wie Kathodenstrahlen Fluoreszenz erregen. Diese Fluoreszenz besteht im allgemeinen in dem Auftreten einer sekundären Röntgenstrahlung von einer bestimmten Impulsbreite, die für den betreffenden Stoff charakteristisch ist und deshalb als „charakteristische Strahlung" bezeichnet wird. Sie ist mit Zertrümmerung der Moleküle wie im Falle der Ionisation verbunden, nämlich mit dem Austritt von Elektronen, d. h. der Bildung von Kathodenstrahlen und ihre Ursache ist die Wiedervereinigung der getrennten Elektronen mit den Atomresten, den Archionen. Macht man die auftreffenden Röntgenstrahlen noch härter, so nimmt die Absorption wieder gleichmäßig ab.

Die im Falle der starken sog. »selektiven« Absorption auftretenden Fluoreszenz-Röntgenstrahlen haben eine ganz bestimmte Impulsbreite, wie daraus hervorgeht, daß der Quotient von Absorptionskoeffizient μ und Dichte ϱ der Gleichung genügt, $\frac{\mu}{\varrho} = \varDelta \cdot \lambda^x$, wo $\varDelta$ und x Konstanten sind und λ die Impulsbreite, d. h. daß ihnen im Gegensatz zu den »weißen« Röntgenstrahlen ein bestimmter Absorptionskoeffizient zukommt. Man nennt sie deshalb »monochromatische« Röntgenstrahlen.

Bei Anwendung von Schwefel oder Kohle als absorbierenden Substanz entsteht nur eine einzige charakteristische Strahlung, bei Platin und Zink dagegen entsteht eine ganze Serie solcher Strahlen von verschiedenen Härtegraden. Hat der Stoff die Form eines dünnen Blättchens, so erhält man die charakteristischen Sekundärstrahlen nur bei streifender Inzidenz, da die Primärstrahlen viele Atome durchqueren müssen, damit genügend Energie absorbiert wird. Dichte, Temperatur, Aggregatzustand und chemische Bindung des Stoffes sind ohne Einfluß. Das Durchdringungsvermögen (die Härte) der primären Strahlen muß etwas größer sein als die der zu erzeugenden Sekundärstrahlen (Stokes Regel). In Gasen ist der Absorptionskoeffizient der Dichte proportional, der Quotient $\frac{\mu}{\varrho}$ somit vom Druck unabhängig.

Die durch Röntgenstrahlen beim Durchdringen von Gasen hervorgerufene Ionisation (infolge des Austreibens von Elektronen aus den Molekülen) läßt sich nach Wilson sehr deutlich erkennen, wenn man feuchte Luft anwendet, die eben im Begriff ist, sich zu Nebel zu kondensieren. Die entstandenen Ionen rufen, indem sie Zusammenballen von Wasserdampfmolekülen um sich herum veranlassen, die Kondensation wirklich hervor, so daß der Weg jedes Ions sich als Nebelstreifen kennzeichnet. Während bei den α-Strahlen des Radiums (Kanalstrahlen) diese Schußkanäle als fast gerade Streifen erscheinen, sind sie bei den durch Röntgenstrahlen in dichter Luft erzeugten Ionen vielfach gekrümmte und gebrochene Linien. Sie sind ein auffälliger Beweis der Richtigkeit der Ionentheorie.

In Luft ist zur Bildung eines Ionenpaars die Absorption der Energiemenge $34 \cdot 10^{-18}$ Joule nötig. Zur Abtrennung eines Elektrons genügen 10^{-18} Joule. Daß auch in flüssigen und festen Körpern durch Röntgenstrahlen Ionisation bewirkt wird, geht aus der Erhöhung des elektrischen Leitvermögens hervor. Das des Kalkspats steigt auf den 200fachen Wert, falls tagelange Bestrahlungen angewandt werden, und die Rückkehr des ursprünglichen Zustandes erfolgt erst in Jahren, falls man sie nicht durch Erwärmen beschleunigt.

Das Auftreten der starken selektiven Absorption bei Nickel, Silber usw. ermöglicht die Konstruktion von Härtemessern für Röntgenstrahlen. Würde man eine Aluminiumtreppe neben ein Nickelblech auf den Fluoreszenzschirm legen, so würde bei bestimmter Geschwindigkeit der Strahlen vielleicht die mittelste Treppe ebenso dunkel erscheinen wie das Blech. Wäre die Absorption in Nickel der in Aluminium proportional, so würde auch bei Änderung der Geschwindigkeit der Strahlen der Anblick immer derselbe sein. Da dies nicht zutrifft, wird nunmehr eine andere Treppe gleich dunkel wie das Nickelblech erscheinen. Auf diesem Prinzip beruhen die Härtemesser von Benoist, Walter, Wehnelt usw. Statt Nickelblech wird Silberblech benutzt, dessen selektive Absorption besser geeignete Lage hat, als die von Nickel.

Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, welche neben der charakteristischen Fluoreszenz-Röntgenstrahlung bei der Absorption von Röntgenstrahlen entstehen, wächst mit der Härte der letzteren, ist aber unabhängig von deren Intensität. Dies läßt sich nur erklären durch die Quantentheorie, gemäß welcher diese

Energie nur staffelweise in Quanten an die Elektronen abgegeben wird. Bei der Wiedervereinigung der Elektronen mit dem Atomrest gilt dasselbe bezüglich der entstehenden sekundären Röntgenstrahlung. Hierbei findet aber nicht eine einfache Durchquerung des Atoms statt, da ja das Elektron mit demselben verbunden bleibt, letzteres gerät vielmehr in pendelnde Schwingungen um seine endgültige Lage, sendet also wiederholt Röntgenimpulse aus, d. h. Magnetfelder von abwechselnd entgegengesetzter Richtung, die im Raume aufeinander folgen und einen magnetischen Wellenzug bilden. Ist ν die Anzahl der pro Sekunde entstehenden Wellen und λ ihre Länge, d. h. der Abstand zweier gleichgerichteter Magnetfelder, so ist $\nu \cdot \lambda$ der Weg pro Sekunde, d. h. $= 3 \cdot 10^8$ Meter und folglich nach der Quantentheorie ein Energiequant $= 6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda}$ Joule. Dieses muß gleich der scheinbaren Bewegungsenergie eines Elektrons sein, die bei den Primärstrahlen dadurch entstanden ist, daß es sich durch das Spannungsgefälle E im Dunkelraum bewegt hat, welches gleich der Spannungsdifferenz der Elektronen ist. Die dabei von der Kraft des Feldes geleistete Arbeit ist, da die Ladung des Elektrons $0{,}156 \cdot 10^{-18}$ Coulomb beträgt, $E \cdot 0{,}156 \cdot 10^{-18}$ Joule. Beträgt also die Elektrodenspannungsdifferenz 60000 Volt, so ist $\lambda = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^8 \cdot 0{,}156 \cdot 10^{-18}} = 0{,}21 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{mm} = 0{,}21 \times$ Atomdurchmesser.

Derartige Röntgenstrahlen müßten sich also ganz wie ultraviolettes Licht verhalten, denn durch die Versuche von H. Hertz ist nachgewiesen worden, daß auch das Licht nichts anderes ist als eine Aufeinanderfolge abwechselnd entgegengesetzt gerichteter magnetischer und elektrischer Felder, die sich im Raume ausbreiten mit der Geschwindigkeit $3 \cdot 10^8$ Meter pro Sekunde. Die verschiedenen Strahlenarten unterscheiden sich nur durch die Wellenlänge, die für die äußersten ultraroten Strahlen bis gegen 0,1 mm reicht, für die äußersten ultravioletten Strahlen bis gegen 100 Milliontel Millimeter. Der Unterschied der Röntgenstrahlen diesen gegenüber wäre also lediglich der, daß ihre Wellenlänge nur 2 Hundertstel eines Milliontel Millimeter, also noch rund 10000 mal kleiner ist als die der kürzesten Lichtwellen.

Zur Messung der Lichtwellenlänge benutzt man Beugungsgitter. Für die Messung von Röntgenstrahlen wären solche nicht zu

gebrauchen, da nicht möglich ist, mechanisch genügend feine Spalten herzustellen, die eben ungefähr von der Größenordnung der Wellenlänge sein müßten, d. h. von der Größenordnung der Atome. M. v. Laue[1] kam nun auf den sehr folgenreichen Gedanken, daß vielleicht Kristallplatten ohne weiteres als Beugungsgitter für Röntgenstrahlen verwendbar wären, da aus dem Verhalten der Kristalle folgt, daß ihre Moleküle in Raumgittern angeordnet und die Abstände der Gitterebenen von der Ordnung 10^{-7} mm sein müssen. Die zu erwartenden Erscheinungen müßten etwa dieselben sein, wie man sie bei Lichtstrahlen beobachtet, wenn man dieselben durch hintereinander gestellte Kreuzgitter hindurchleitet.

Das von W. Friedrich und P. Knipping auf seine Anregung ausgeführte Experiment hat die Vorhersage glänzend bestätigt und hierdurch ist gleichzeitig ein Mittel gefunden worden, die Molekularanordnung in Kristallen, sowie auch in anderen Körpern mit aller Sorgfalt zu studieren.

Besonders einfach liegen die Verhältnisse bei Diamant. Die Lage der Interferenzflecke läßt darauf schließen, daß derselbe aus zwei ineinandergestellten kubischen Raumgittern besteht, von welchen das eine gegen das andere in der Hexaederdiagonale um $^1/_4$ derselben verschoben ist. Die Abstände der Netzebenen parallel den Oktaederflächen sind abwechselnd $0{,}508 \cdot 10^{-7}$ und $1{,}522 \cdot 10^{-7}$ mm. Die Netzebenen parallel den Würfelflächen sind äquidistant, ihr Abstand beträgt $0{,}880 \cdot 10^{-7}$ mm. Um das eine Raumgitter in das andere überzuführen, muß man es um eine der Hexaederkante parallele Achse, die durch die Mitte des Abstandes zweier benachbarter entgegengesetzt orientierter Kohlenstoffatome hindurchgeht, um 180° drehen und zugleich in der Richtung jener Achse um $^1/_4$ der Hexaederseite um h verschieben. Von jedem Atom gehen gleichlange Verbindungen nach vier Nachbaratomen und zwar in gleicher Richtung, wie sie die chemische Valenztheorie den tetraedrisch gedachten Kohlenstoffatomen beilegt, d. h. radial von den Ecken des Tetraeders ausstrahlend. Man hat hieraus geschlossen, für einen Kristall existiere der Begriff des Moleküles nicht wie für Flüssigkeiten und Gase, alle Moleküle seien in Kristallen in Atome aufgelöst und diese seien zu ineinandergestellten Raumgittern angeordnet; Moleküle entständen erst beim Auflösen, Schmelzen oder Verdampfen eines Kristalls; Erstarrung und Subli-

[1] Damals in München, jetzt in Frankfurt a. M.

mation seien gewissermaßen Dissoziationsprozesse. Mit der Lehre von den flüssigen Kristallen steht dieser Schluß freilich in direktem Widerspruch [1] und da bisher nicht gelungen ist, diesen zu beseitigen, muß man jene „Atomgruppierungstheorie" wohl für irrtümlich halten. Bei der zurzeit noch geringen Zahl von Beobachtungen läßt sich ein sicherer Schluß überhaupt nicht ziehen.

Die Theorie würde auch zu den merkwürdigen Konsequenzen führen, daß chemische Affinität und Kohäsion (Elastizität) im Grunde identisch sind und daß die Festigkeit der 5 festen Modifikationen des Ammoniumnitrats gleich sein müsse, da sie aus denselben Atomen bestehen, die wie die Identität der chemischen Eigenschaften beweist, in gleicher Art verbunden sind.

Die Interferenzflecke kommen nicht etwa, wie man denken könnte, durch die charakteristischen Röntgenstrahlen der Antikathode zustande, denn sie bleiben unverändert, wenn das Material der Antikathode geändert wird, sondern durch die gemischte Strahlung aus deren Komponenten der Kristall diejenigen absondert, deren Wellenlängen zwischen seine Netzebenen passen.

Es läßt sich zeigen, daß der Effekt derselbe ist, wie wenn die Strahlen an den Netzebenen reflektiert würden, wobei sie dann ähnlich wie die von Lippmanns Farbenphotographien reflektierten Strahlen miteinander interferieren, derart, daß nur diejenigen übrig bleiben, deren Wellenlänge $\lambda = \frac{2\,d\cos\varphi}{n}$ ist.

Die Beugungsbilder sowohl der reflektierten wie die der durchgegangenen Strahlen liegen auf Kreisen, ganz ebenso wie die eines gewöhnlichen Lichtstrahls, der auf ein Strichgitter in der Strichrichtung auffällt. In Wirklichkeit hat man aber nicht eine einzige Schicht von Strichen, sondern eine große Anzahl hintereinander befindlicher. Daß es sich dabei nicht um gewöhnliche Reflexion handelt, geht daraus hervor, daß rauhe Flächen ebensogut reflektieren wie glatte. Es sind eben die Netzebenen im Kristall, nicht die Facetten der rauhen Oberfläche, welche als reflektierende Flächen aufzufassen sind. Je dichter dieselben mit Atomen besetzt sind, um so größer ist die Intensität des reflektierten Lichtes. Ist das Strahlenbündel hinreichend dick, so sieht man die Interferenzflecke auch auf dem Fluoreszenzschirm und kann sich dabei durch Drehen

[1] Siehe O. Lehmann, Ann. d. Phys. 47, 832, 1915 und Max Born, Dynamik der Raumgitter, Leipzig 1915.

des Kristalls leicht davon überzeugen, daß sie alle dem Spiegelungsgesetz entsprechend hin- und herwandern. Jeder Fleck entspricht einer Wellenlänge, die gleich dem doppelten der Projektion des Abstandes der Ebenen auf die Richtung des einfallenden Strahls ist.

Die an einem Kochsalzkristall abgebeugten Röntgenstrahlen sind also monochromatisches Röntgenlicht (Grund- und Oberschwingungen) im Gegensatz zum „weißen" Röntgenlicht der Röntgenröhre (Gemisch von Strahlen). Benuzt man solche Strahlen zur Aufnahme der Interferenzfiguren eines zweiten Kristalls und vergleicht diese „selektive" Aufnahme mit der „weißen", so kann man das Verhältnis der Gitterkonstanten beider Kristalle bestimmen. Bei zwei ineinandergestellten Raumgittern sind natürlich die Intensitäten der reflektierten Strahlen für die Wellenlängen geringer, welche eines der im Kristall enthaltenen Elemente stark absorbiert.

Wenn ein an einem Kristall reflektierter Röntgenstrahl streifend auf einen zweiten Kristall fällt, so erhält man starke Reflexion, falls die beiden Kristalle parallel sind, dieselbe nimmt aber schnell ab, wenn der zweite Kristall um den auf ihn fallenden Strahl als Achse gedreht wird. Die Röntgenstrahlen werden also ebenso wie gewöhnliches Licht bei der Reflexion polarisiert und zwar sowohl bei der gewöhnlichen wie bei der selektiven Strahlung.

Da von einem Kristall nur Strahlen reflektiert werden, für welche $\sin \Theta = \frac{n \lambda}{2 d}$ ist, würde man bei Reflexion eines durch einen Spalt hindurchgegangenen Strahlenbündels an einem zu einem dem Spalt parallelen Zylinder zusammengebogenen Glimmerblatt nur in der obigen Gleichung entsprechende vereinzelte Spaltbilder erhalten; falls das Strahlenbündel nur eine einzige Strahlenart von der Wellenlänge λ enthielte, im einfachsten Falle ein einziges. Wären zweierlei Strahlen von verschiedener Wellenlänge vorhanden, so würde ein aus zwei Linien bestehendes Spektrum erster Ordnung auftreten, nach demselben ebenfalls aus je zwei Linien bestehende Spektra 2, 3 . . . . n ter Ordnung. Wären unendlich viele Wellenlängen vorhanden, so würden entsprechend kontinuierliche Spektra der verschiedenen Ordnungen zu beobachten sein. Man hat also in einem derartigen Glimmerblatt ein Mittel zur Spektralanalyse der Röntgenstrahlen, ebenso wie man z. B. in einem Spiegelgitter ein Mittel zur Spektralanalyse des Lichtes hat. Noch bessere Resultate werden erzielt durch Reflexion an einer ebenen Kristallplatte,

welche sich langsam um eine in ihrer Ebene liegende Gerade dreht und die Strahlen auf eine photographische Platte reflektiert. Die Linien, die beim gebogenen Glimmerblatt gleichzeitig auftreten, erscheinen hier nacheinander, was aber gleichgültig ist, da sie von der photographischen Platte alle fixiert werden, so daß in gleicher Weise wie mit dem Glimmerblatt ein photographiertes Spektrum erhalten wird. Man findet so z. B., daß Wolfram ein linienreiches Spektrum über einen kontinuierlichen gibt. Bei Platin wurden sehr linienreiche Spektren erhalten, wobei sich allerdings gezeigt hat, daß nicht alle Linien verschiedenen Wellenlängen entsprechen, sondern einzelne durch Inhomogenitäten der Kristallplatte verursacht waren.

Die Wellenlänge der oben erwähnten charakteristischen Strahlen erweist sich größer als die der Strahlen des kontinuierlichen Spektrums. Nur die letzteren tragen zur Entstehung der Laueschen Interferenzflecke bei, da sich sonst beim Drehen des Kristalls die Intensität der letzteren sprungweise ändern müßte. Temperaturerhöhung schwächt infolge der Wärmebewegung der Moleküle das Reflexionsvermögen einer Kristallplatte für Röntgenstrahlen und zwar um so mehr, je weniger dicht die betreffenden Netzebenen mit Atomen besetzt sind. Bei den Laueschen Röntgenogrammen wird die Intensität der Interferenzflecke durch die Wärmebewegung um so mehr vermindert, je weiter sie vom Durchstoßpunkt entfernt sind; ebenso, wie bei der Reflexion an einer Kristallplatte die Schwächung um so beträchtlicher ist, je steiler die Strahlen einfallen, so daß in der Regel die Reflexion nur bei streifendem Einfall zu beobachten ist. Erwärmung eines Kristalls bedingt deshalb, daß immer mehr Flecken am Umfang des Interferenzbildes verschwinden. Abkühlung eines Steinsalzkristalls von gewöhnlicher Temperatur bis zur Temperatur flüssiger Luft hat dagegen wenig Einfluß. Beim Diamant ist wohl wegen der großen Kohäsion und der besonderen Form des Raumgitters der Einfluß der Wärme sehr gering. Infolgedessen beobachtet man Reflexion auch unter steilen Winkeln und erhält die Interferenzfigur nicht nur auf einer hinter den Kristall gesetzten Platte wie sonst, sondern auch auf seitlich oder vorn angebrachten Platten.

Ein Magnetfeld von 10 000 Gauß-Stärke erwies sich auf die Gestaltung der Interferenzbilder bei Steinsalz und Magnetit ohne Einfluß.

Beim Durchgang des Strahlenbündels durch ein dünnes Platinblech entstehen Höfe um den Durchstoßpunkt, wahrscheinlich weil durch erzwungene Homöotropie beim Walzen halbisotrope Struktur hergestellt wurde. Durch Ausglühen ändern sich die Figuren, wohl weil infolge von enantiotroper Umwandlung die erzwungene Homöotropie wieder beseitigt wird. Bei Platten von Kohle und Schwefel ergaben sich helle und dunkle Ringe um den Durchgangspunkt. Ähnlich bei gepreßten Wachs- und Paraffinplatten. Bei einem im Schraubstock gepreßten Wachsstück wurden, offenbar infolge von erzwungener Homöotropie Flecke erhalten, welche sich beim Drehen der Platte um die Achse des Strahlenbündels mitbewegten. Beim Durchgang der Strahlen durch Asbest oder Fasergips senkrecht zu den Fasern erscheint der Durchstoßpunkt von geraden Linien durchzogen, von welchen die stärkste senkrecht zu den Fasern steht. Beim Durchgang parallel zu den Fasern ist der zentrale Fleck von konzentrischen Kreisen umgeben. Auch bei ausgewalzten und ausgeglühten Metallplättchen zeigt sich ähnliches.

Von ganz besonderem Interesse ist die Untersuchung der Molekularstruktur flüssiger Kristalle mit Hilfe der Röntgenstrahlen. Wie ich gefunden habe, können auch Flüssigkeiten eine Raumgitterstruktur besitzen, wie feste Kristalle, sowie andere nicht homogene, aber doch gesetzmäßige Molekularstrukturen, wie sich namentlich aus ihrem optischen Verhalten ergibt. Diese Strukturen können durch Einwirkung eines Magnetfeldes abgeändert werden; man müßte also bei Erzeugung eines Interferenzbildes mittelst Röntgenstrahlen eine Änderung dieses Bildes bei Einwirkung eines magnetischen Feldes beobachten, aus welcher die Art der Strukturänderung und damit die Art der Kraftwirkung zwischen den Molekülen erkannt werden könnte. Versuche dieser Art sind bereits von dem Mitarbeiter des Herrn v. Laue, Herrn St. v. Lingen, begonnen worden, es konnten auch Andeutungen von Interferenzbildern im Magnetfeld erhalten werden, doch hinderte der Ausbruch des Krieges die Fortsetzung der Versuche. Auch hier in Karlsruhe sollte ein großer Elektromagnet zu solchen Forschungen aufgestellt werden, zu welchem die Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie Mittel bewilligt hat.

Die Erkenntnis der Struktur der Stoffe ist ein Hauptziel der Physik; denn so wie wir die Leistungen einer Maschine nur dann genau vorausberechnen können, wenn wir über ihre Bestandteile genau orientiert sind, so gilt dies auch bezüglich des Verhaltens der

Körper, wenn wir sie irgend welchen physischen Kraftwirkungen aussetzen. Auf Grund der bedeutenden Fortschritte in der Konstruktion der Röntgenröhren dürften die dargelegten Untersuchungen nach Laues Prinzip noch reiche Früchte tragen.[1]

Insoweit Organismen aus kristallinisch-flüssigen Stoffen bestehen, dürfte auch hier die Methode vielleicht einigen Aufschluß über die Art der Zusammenlagerung der molekularen Bausteine geben können und über deren Änderung während der Lebenstätigkeit. Die Röntgenstrahlen würden hierdurch für biologische und medizinische Forschungen noch weit größere Bedeutung gewinnen, als sie jetzt schon durch Ermöglichung der Erforschung der gröberen inneren Beschaffenheit der Organismen und des menschlichen Körpers im lebenden Zustande besitzen.[2]

---

[1] Siehe auch F. Rinne, Beiträge zur Kenntnis der Kristall-Röntgenogramme, Sitzb. d. Kgl. Sächs. Akad. 19. Juli 1915, worin nicht nur sehr gut gelungene normale Interferenzbilder wiedergegeben sind, sondern auch solche, die nach plastischer Deformation der Kristalle erhalten wurden. Zur Herstellung diente eine Röntgenröhre neuester Konstruktion von Dr. Lilienfeld, siehe elektrotechn. Zeitschr. 37, 185, 1916.

[2] Der Vortrag war begleitet von Vorführung zahlreicher Lichtbilder, sowie von Versuchen.

Nullpunktsenergie und Gravitation.[1]

Von **O. Lehmann.**

Die Aufgabe der Physik, Vorausberechnung der Erscheinungen der leblosen Natur, hat exakte Beschreibung der Eigenschaften der Dinge zur Voraussetzung. Selbstverständlich müssen die betrachteten Dinge auch wirklich existieren. Das trifft keineswegs immer zu. Aristoteles, der Begründer der Physik, beschäftigte sich viel mit der Drehung der die Erde scheinbar umhüllenden Himmelskugel. Eine solche kristallene Sphäre, an deren Existenz zurzeit des Aristoteles niemand zweifelte, existiert, wie später Kopernikus gezeigt hat, keineswegs und auch das Kreisen der Sterne ist eine Täuschung, bedingt durch Drehung der Erde, deren wir uns nicht bewußt werden. Die farbigen Nachbilder, die wir, geblendet durch direkten Anblick der Sonne, zu sehen glauben, der Regenbogen, die Gespenster, die uns der Zauberspiegel vortäuscht, die zierlichen Sterne im Kaleidoskop und viele andere Dinge, welchen wir auf den ersten Blick reale Existenz zuschreiben möchten, besitzen solche nicht.

Anders die Wogen des Meeres oder die Wirbelstürme, welche barometrische Minima umkreisen, deren Existenz sich zuweilen recht unangenehm fühlbar macht. Doch auch sie können nicht die Grundlage einer Berechnung bilden. Sie kommen und gehen, schwellen an, zerteilen sich und zerrinnen wieder in nichts; sie sind nicht beständig, nicht unveränderlich. Einst galten sie gar als völlig unberechenbare Willkürmaßnahmen von Wind- und Meeresgöttern und lange dauerte es, bis die Bestrebungen der Philosophen zur Erkenntnis führten, daß auch hier sowohl das Kommende wie das Vorangegangene aus dem Gegenwärtigen sich berechnen lassen müsse, wie es zuerst bei einer andern, früher von den Astrologen ebenfalls

[1] Vortrag im naturw. Verein und der chem. Gesellschaft am 20. Juli 1916.

als Willensäußerung von Göttern betrachteten Naturerscheinung, der Bewegung der Gestirne, speziell hinsichtlich des Auftretens von Finsternissen, erkannt worden war. Später dachte Laplace selbst an die Möglichkeit der Aufstellung einer Weltformel, aus welcher sich alles Geschehen in der Welt mathematisch sollte ableiten lassen, wenn auch nicht in Wirklichkeit, so doch im Prinzip.

Abgesehen von ihrer Veränderlichkeit haben Meereswogen und Wirbelstürme noch den anderen Mangel, daß sie keinen abgegrenzten Raum einnehmen, daß sie keine Individuen sind wie unsere eigene Person. Beschreibung eines Vorgangs ist für uns nur verständlich, wenn wir ihn im Geiste nachmachen, d. h. unser eigenes Ich an Stelle der wirkenden oder einer Wirkung unterliegenden Dinge setzen können. Unser Ich ist aber unteilbar, wir vermögen uns nicht vorzustellen, daß es in zwei Teile gespalten werden könne. Darum suchte nicht nur das Altertum alles zu personifizieren, auch der spätere Anthropomorphismus war bestrebt, alles auf die Existenz von unteilbaren Atomen zurückzuführen. Wohl ist eine stetige Linie als Bahn eines Punktes, in welchem wir unser Ich konzentriert denken, für uns verständlich, auch eine stetige Fläche als Bahn einer Linie und stetiger Raum als Bahn einer Fläche; aber selbst die reine Mathematik sieht sich genötigt, diese Gebilde in Differentiale, Punktreihen, Strahlen- oder Flächenbüschel zu zerlegen, um mit ihnen rechnen zu können oder sonstige Schlüsse zu ziehen.

Ganz unentbehrlich sind die Atome für den Chemiker, der sich in der kaleidoskopischen Mannigfaltigkeit der chemischen Gebilde ohne die Annahme, daß z. B. in dem Rost des Eisens die Atome des Eisens noch unverändert enthalten seien, weil sich die gleiche Menge Eisen wieder daraus abscheiden läßt, unmöglich zurecht finden könnte.

Nachdem übrigens durch M. v. Laue und seine Nachfolger der direkte Beweis der Existenz von Atomen in Kristallen gegeben ist [1], muß wohl die Zusammensetzung aller Körper aus getrennten gleichartigen Partikelchen als Tatsache betrachtet werden, wenn auch die Erscheinungen der Radioaktivität beweisen, daß diese Partikelchen jedenfalls nicht die letzten unteilbaren Dinge sind. Wir könnten geradezu als Maß der Menge eines Stoffes die Zahl der darin enthaltenen Atome betrachten. Indeß läßt sich diese nicht direkt er-

[1] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **25**, 90, 1913.

mitteln und sie würde auch keinen Vergleich der Stoffmengen oder Massen zweier verschiedenartiger Körper gestatten.

Die Notwendigkeit solcher Vergleichung hat zuerst Galilei erkannt, der wohl auch als Vater der Physik bezeichnet wird und durch die Ergebnisse von Kopernikus zu seinen Forschungen angeregt wurde.

Er fand zuerst eine (nach seiner Meinung) ganz zweifellos unveränderliche Größe bei den Bewegungserscheinungen in der trägen Masse oder Stoffmenge. Seinem Trägheitsgesetz zufolge bleibt Bewegung als gradlinige Bewegung immer erhalten, bis eine Kraft sie stört, als deren Maß das Produkt der Stoffmenge oder Masse mit der Beschleunigung zu betrachten ist. Eine solche Kraft ist freilich ein anthropomorphistisches Gebilde, ein Abbild unserer Muskelkraft, die uns durch den Tastsinn zum Bewußtsein kommt. Ebenso wie diese hat auch eine leblose Kraft (z. B. die einer Feder) zwei Angriffspunkte und Wirkung und Gegenwirkung sind einander gleich. Hebe ich einen Stein, so drücke ich mit den Füßen die Erde nach unten. Fällt der Stein, so treibt die Schwere die Erde auch gegen den Stein nach oben. Wirken zwei Kräfte zugleich, so stören sie sich in ihren Wirkungen nicht. Eine Federwage kann deshalb als Kraftmesser geeicht werden, indem man nacheinander 1, 2, 3 ... gleiche Gewichtsteine anhängt, denn deren Kräfte superponieren sich. Wegen der Superposition kommt es bei den Bewegungen immer nur auf die relativen Geschwindigkeiten an. In einem gleichmäßig fahrenden Schiff können wir unser Mittagsmahl so gut einnehmen wie in einem stilliegenden, der Wein fließt in gleicher Weise aus der Flasche, da sich nach Galileis Relativitätsprinzip die Bewegungen einfach ohne sich zu stören, superponieren.

Sehr wichtig war Galileis Entdeckung, daß alle Körper gleich schnell fallen, denn sie ermöglichte die Bestimmung der trägen Masse verschiedenartiger Stoffe aus dem Gewicht, d. h. aus der Schwere der Körper. Sie führte zu dem Fundamentalsatz: Träge und schwere Masse sind genau proportional, sie sind identisch.

Man denke sich eine Spiralfeder über eine Rolle gelegt und an den Enden mit ungleichartigen Gewichten, etwa einem Blei- und einem Holzstück, belastet, deren Stoffmengen m_1 und m_2 seien. Man beschneide etwa das Holzstück so lange, bis gerade

Gleichgewicht besteht. Da beide Massen durch die Schwere dieselbe Beschleunigung g erfahren, müssen auch die durch Wirkung und Gegenwirkung der Feder erzeugten Beschleunigungen der beiden Massen nach oben g_1 und g_2 gleich g sein, sonst wäre Gleichgewicht nicht möglich. Somit sind die Produkte $m_1 g_1$ und $m_2 g_2$, welche Wirkung und Gegenwirkung der Feder messen, also einander gleich sein müssen, zu ersetzen durch $m_1 \cdot g$ und $m_2 \cdot g$, woraus folgt: $m_1 = m_2$. Sobald die Vorrichtung, die Wage, im Gleichgewicht ist, sind also die trägen Massen der beiden Stoffe einander gleich, obschon die Wage direkt nur die Gleichheit der Schwerkräfte anzeigt.

In wenigen Ausnahmefällen, nämlich bei den sogenannten Imponderabilien: Wärme, Elektrizität, Magnetismus und Licht, die man weder wägen, noch in bezug auf etwaige Trägheit prüfen konnte, mußte unentschieden bleiben, wie ihre Masse zu bestimmen sei und ob auch hier das Gesetz der Gleichheit von träger und schwerer Masse zutreffe. Sie schienen allerdings mit wägbaren Stoffen nur die Raumerfüllung gemeinsam zu haben.

Nach Festsetzung des Kilogramms als Masseneinheit lag nahe, als Einheit der Kraft diejenige Kraft zu wählen, die der Masse 1 Kilogramm den Geschwindigkeitszuwachs von 1 Meter pro Sekunde in der Sekunde erteilt, die Dezimegadyne, wodurch die Konstante, mit welcher das Produkt von Masse und Beschleunigung zu multiplizieren ist, um die Kraft zu erhalten, den für die Rechnung bequemsten Wert 1 erhält.

Eine in Dezimegadynen (auch Kop[1] genannt) geeichte Federwage gestattet ohne weiteres jede Kraft genau ihrer Größe nach durch eine Zahl auszudrücken, ebenso wie die gewöhnliche Wage ermöglicht (abgesehen von den Imponderabilien), jede Stoffmenge in Kilogrammen zu messen und so die Grundlage für exakte Beschreibung der Bewegungserscheinungen zu erhalten.

Lange Zeit bestand aber eine Unklarheit darüber, wie eigentlich die Wucht eines fallenden Steins zu messen sei, da dessen Stoßkraft augenscheinlich nicht allein durch seine Schwere, sondern auch durch seine Geschwindigkeit bestimmt ist, so daß man zwischen der toten Kraft des ruhenden Steines und der lebendigen

[1] O. Lehmann, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1913, 279; Leitfaden der Physik, Braunschweig 1907, VII.

Kraft des fallenden zu unterscheiden genötigt war, welche Ausdrücke zuerst von Leibniz gebraucht wurden.[1] Während eine gewöhnliche (wahre) Kraft z w e i Angriffspunkte besitzt, kommt einer Stoß- oder Trägheitskraft, als welche z. B. auch die Zentrifugalkraft eines eine Kurve durchfahrenden Eisenbahnwagens zu betrachten ist, nur e i n Angriffspunkt zu.[2]

Die Studien hierüber führten zum Begriff der A r b e i t, als deren Maß im Jahre 1742 von Joh. Bernoulli das Produkt von Kraft und Weg eingeführt wurde, so daß als Einheit (obiger Kraftdefinition gemäß) die Arbeit, welche 1 Dezimegadyne leistet, wenn sich ihr Angriffspunkt in ihrer Richtung um 1 Meter verschiebt, das J o u l e, zu benutzen ist. In einem gehobenen Gewicht ist die Arbeit als Arbeitsfähigkeit gewissermaßen aufgespeichert. Fällt die gehobene Linse eines Pendels, so nimmt ihre Arbeitsfähigkeit andere Form an, denn im tiefsten Punkte angekommen, hat die Pendellinse Arbeitsfähigkeit infolge ihrer lebendigen Kraft, sie vermag sich selbst auf die gleiche Höhe emporzutreiben, aus welcher sie heruntergefallen ist. Diese Arbeitsfähigkeit infolge des Bewegungszustandes, wofür wir das Wort „W u c h t" seit alter Zeit haben, wurde von Thomas Young 1807 E n e r g i e genannt. Thomson und Tait nannten sie 1867 kinetische Energie zum Unterschied von der durch Hebung des Gewichts entstandenen Energie der Lage, für welche Rankine 1853 die Bezeichnung potentielle Energie eingeführt hatte.

Darüber, welches der absolute Wert einer Energie ist, können wir freilich nichts aussagen. Wenn ein Stein fällt, verliert er an Energie der Lage. Wenn er sehr weit von der Erde entfernt ist, ist seine Energie bedeutend größer als an der Erdoberfläche, aber da noch viele andere Weltkörper vorhanden sind, bezüglich deren er ebenfalls Energie der Lage besitzt, können wir den Gesamtbetrag nicht angeben. Ebensowenig kennen wir den absoluten Wert der Bewegungsenergie; denn um sie zu berechnen, müßten wir den absoluten Wert der Geschwindigkeit kennen. Es gibt aber in der Welt keinen festen Punkt und keine feste Richtung, von welchen wir bei der Messung ausgehen könnten. Zu der gewöhnlich gemessenen Geschwindigkeit relativ zur Erde wäre die Geschwindigkeit

[1] O. Lehmann, diese Verh. **26.** Zum 100. Geburtstag von R. Mayer, S. 6.

[2] O. Lehmann in Fricks phys. Technik, 7. Aufl. I (2), 665, 1905.

der Erde selbst, sowohl deren Umdrehungsgeschwindigkeit wie deren Umlaufsgeschwindigkeit bezüglich der Sonne, die allein 30 000 Meter pro Sekunde beträgt, hinzuzufügen, weiter aber die Geschwindigkeit des ganzen Sonnensystems, über welche wir nichts aussagen können. Da nach Galileis Superpositions- oder Relativitätsprinzip die Bewegungen unabhängig von einander verlaufen, ist die Kenntnis der absoluten Werte für unsere Berechnungen übrigens ganz unnötig. Auch bei der potentiellen Energie kommen immer nur Änderungen, d. h. Differenzen in Betracht. Nach Einsteins Relativitätstheorie[1] muß überhaupt jedes Naturgesetz in gleicher Weise gelten, mag der Beobachter sich mit der betrachteten Versuchseinrichtung bewegen, wie z. B. ein Beobachter, der auf einem gleichmäßig fahrenden Schiff experimentiert, oder nicht, wie z. B. ein Beobachter, der vom Lande aus, etwa mittelst eines Fernrohres diese Versuche verfolgt. Die Naturgesetze müssen mathematisch gesprochen bei entsprechender Transformation des Koordinatensystems kovariant sein.

Ganz ebenso, wie bei einem pendelnden Körper die Energie fortgesetzt aus dem potentiellen Zustande in kinetische Energie übergeht und umgekehrt ohne Änderung ihrer Größe, so daß man von einem Gesetz der Erhaltung der Energie sprechen könnte, welches mit Galileis Trägheitsgesetz in Beziehung stände, wenn sich potentielle Energie als verborgener Bewegungszustand auffassen ließe, findet auch eine beständige Energieumwandlung ohne Änderung der Energiegröße statt, wenn eine elastische (Stahl-)Kugel auf eine elastische Unterlage fällt, zurückprallt, um dann von neuem herabzufallen usw. Die Bewegungsenergie geht dabei in Energie elastischer Spannung über, die sich sofort wieder in Bewegungsenergie von umgekehrter Richtung zurückverwandelt.

Beim Auffallen eines unelastischen Körpers auf eine unelastische Unterlage schien sich aber das Gesetz der Erhaltung der Energie (bezüglich Erhaltung der potentiellen Energie bei Versuchen zur Herstellung eines perpetuum mobile zuerst erkannt und als goldene Regel der Mechanik bezeichnet) nicht zu bewähren. Graf Rumford war der erste, welcher fand, daß auch hier eine andere Energieform auftritt, nämlich Wärme; daß also die

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 891; **18**, 639, 1905; **49**, 822, 1916; O. Lehmann, diese Verh. **23**, 51, 1910; M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Braunschweig 1911.

Wärme nicht, wie man früher glaubte, ein unwägbarer Stoff, sondern eine unsichtbare, verborgene Form von Bewegung, ein regelloses Hin- und Herzittern der Atome sei.

Robert Mayer gelang es, wie in dem oben zitierten früheren Vortrage näher dargelegt ist, den quantitativen Zusammenhang zwischen verlorener Bewegungsenergie und entstandener Wärmeenergie oder umgekehrt zwischen der in einer Heißluftmaschine verschwundenen Wärmemenge und der von ihr erzeugten mechanischen Arbeit festzustellen, so daß wir Wärme ebenso in Joule messen können wie potentielle und kinetische Energie. Demgemäß beträgt die Temperaturerhöhung von 1 kg Wasser einen Grad Celsius (bei 15°), wenn wir demselben Wärmeenergie im Betrage von 4189 Joule zuführen. 1 Kilogramm Petroleum würde durch dieselbe Energiemenge um ca. 2 Grad erwärmt, d. h. die spezifische Wärme des Petroleums ist halb so groß wie die des Wassers, die man = 1 setzt.[1]

Helmholtz sah in der Entdeckung von R. Mayer eine Bestätigung der Rumfordschen Ansicht, daß Wärme nur ein verborgener Bewegungszustand sei, so daß man das Gesetz der Erhaltung der Energie genauer als Gesetz der Erhaltung der Bewegungsenergie benennen könnte und Clausius gelang es, durch Krönigs Annahme über den Bewegungszustand der Atome und Moleküle, durch die sogenannte kinetische Gastheorie, das tatsächliche Verhalten der Gase quantitativ fast restlos zu erklären. Der Druck der Gase ist nach dieser Theorie die Wirkung der molekularen Stöße; er wird demnach mit sinkender Temperatur, d. h. mit verminderter Bewegungsenergie der Moleküle, welche geradezu das Maß der absoluten Temperatur ist, kleiner; beim absoluten Nullpunkt muß er verschwinden. Tatsächlich verschwindet er dem Gasgesetz zufolge bei — 273 Grad Celsius, so daß dieser Punkt der Nullpunkt der absoluten Temperaturskala ist, der Punkt, bei welchem bei fortgesetzter Abkühlung schließlich die ganze Wärmebewegung aufhört. Da damit auch die abstoßende Kraft der Wärme verschwindet, welche die Moleküle entgegen ihrer Anziehungskraft auseinandertreibt, muß auch deren Abstand Null werden und damit die potentielle Energie, die sie infolge ihrer Anziehungskräfte besitzen. Beim ab-

[1] Daß man heute die Wärme vielfach immer noch in Kalorien statt in Joule mißt, ist unnötig und störend.

soluten Nullpunkt muß also anscheinend jede Energie verschwinden, es gibt keine Nullpunktsenergie.

Auf Grund der kinetischen Gastheorie konnte ohne weiteres ein Hauptgesetz der Chemie die Avogadroschen Regel abgeleitet werden [1], es ergaben sich auf Grund spezieller Annahmen über die mittlere Weglänge und die Dimensionen der Moleküle, sowie über die Kräfte, die die Moleküle bei starker Annäherung auf einander ausüben, die Gesetze der inneren Reibung und der Wärmeleitung der Gase und die van der Waalssche Zustandsgleichung, welche das Verhalten der Gase mit dem der Flüssigkeiten in Beziehung bringt. Letztere befindet sich freilich, wenn man die seit alter Zeit übliche Identitätstheorie der Aggregatzustandsänderungen und polymorphen Modifikationen der Rechnung zugrunde legt, nicht in befriedigender Übereinstimmung mit der Erfahrung; die Übereinstimmung kann aber hergestellt werden durch die Annahme, daß eine Änderung der Moleküle die Ursache des Kondensations- oder Verdampfungsprozesses ist gemäß meiner Theorie der molekularen (physikalischen) Isomerie [2], welche in gleicher Weise auch den Erstarrungs- und Schmelzprozeß, sowie die polymorphe Umwandlung erklärt und durch die Existenz flüssiger Kristalle bewiesen erscheint.[3] Bei letzteren können die eingreifendsten Störungen der Art der Zusammenlagerung der Moleküle eintreten [4], ohne daß eine Änderung der Eigenschaften erfolgt, wie sie nach der Identitätstheorie der Polymorphie notwendig zu beobachten sein müßte. Ferner kann beispielsweise das Cholesterylcaprinat, nach meinen Beobachtungen in drei flüssigen und zwei festen Modifikationen [5], auftreten, das Ammoniumnitrat in fünf festen Modifikationen [6], was die Identitätstheorie nicht einmal im Prinzip zu erklären vermag.

Die Beobachtungen über die Brownsche Wimmelbewegung suspendierter Stäubchen und Tröpfchen [7], Gaedes Studien über die

[1] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **25**, 47, 1913.

[2] Derselbe, Zeitschr. f. Kristallograph. **1**, 97, 1877; Ann. d. Phys. **21**, 181, 1906.

[3] Derselbe, Die neue Welt der flüssigen Kristalle, Leipzig 1911; diese Verh. **25**, 164, 1913; Phys. Zeitschr. **15**, 617, 1914; Ann. d. Phys. **50**, 555, 1916.

[4] Derselbe, Ann. d. Phys. **48**, 725, 1915; Phys. Zeitschr. **17**, 241, 1916.

[5] Derselbe, Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 750, 1906; **73**, 607, 1910.

[6] Derselbe, Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 97, 1877; Ann. d. Phys. **21**, 181, 1906.

[7] Derselbe, diese Verh. **25**, 53, 1913.

äußere Reibung der Gase, die zur Konstruktion der Molekularluftpumpe und der Diffusionsluftpumpe führten[1], das merkwürdige Verhalten der Emanation radioaktiver Stoffe und anderes stand mit der kinetischen Gastheorie in bester Übereinstimmung, es war sogar möglich, auf Grund der Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärme der Gase bei konstantem Druck c_p zu der bei konstantem Volumen c_v das Verhältnis der in Form fortschreitender Bewegung vorhandenen Bewegungsenergie K zur Summe dieser und der Energie von Rotationen und inneren Schwingungen E zu ermitteln. Es ergab sich einfach $K : E = \frac{3}{2}(c_p - c_v) : c_v$, woraus folgt, daß für Gase, deren Moleküle einzelne Atome sind, für welche also $K = E$ ist, $c_p : c_v = 1{,}66$ sein muß, was die Beobachtung bestätigte.

Für die Molekularwärme, d. h. die Wärmemenge gemessen in Joule, die nötig ist, 1 Kilogrammol um 1 Grad C. zu erwärmen oder das Produkt $M \cdot c_v$, wenn M das Molekulargewicht ist, folgt aus den Annahmen der kinetischen Gastheorie, falls man die Zahl der Moleküle pro kg N nennt und die Masse eines Moleküls in kg m: $M \cdot c_v = M \cdot N \cdot m \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \frac{1}{T}$, worin sich das Quadrat der Molekulargeschwindigkeit c^2 aus der Grundgleichung der Theorie $= \frac{3p}{\varrho}$ ergibt, wenn ϱ die Dichte in kg pro cbm bedeutet, also das Volum v von 1 kg Mol $= \frac{M}{\varrho}$ ist. Nun ist $N \cdot m = 1$ kg und $\frac{p \cdot v}{T} = 8319$, so daß $M \cdot c_v = \frac{3}{2} \cdot 8319$ Joule wird unabhängig von der Natur des Gases, sofern dasselbe einatomig ist. Für ein beliebiges Gas ergibt sich, da nach R. Mayer $8319 = M \cdot 4189\,(c_p - c_v)$, also $M = \frac{2}{c_p - c_v}$ ist, $M \cdot c_v = \frac{2 \cdot c_v}{c_p - c_v} = 3 \cdot \frac{E}{K}$ Joule, ebenfalls in Übereinstimmung mit der Beobachtung.

Selbst die Molekularwärme einatomiger fester Körper schien sich auf Grund der Vorstellung, daß bei diesen die Atome um bestimmte Gleichgewichtslagen rotieren oder schwingen, in befriedigender Übereinstimmung mit dem experimentell gefundenen Gesetz von Dulong und Petit, nach welchem sie $6 \cdot 4189$ Joule betragen sollte, zu ergeben. Ist nämlich m die Masse eines

[1] W. Gaede, Verh. d. D. phys. Ges. **14**, 775, 1912.

solchen Atoms in kg, r der Abstand vom Umlaufsmittelpunkt in Metern und c die Umlaufsgeschwindigkeit in Metern pro Sek., so ist die kinetische Energie $\frac{1}{2} m c^2$ Joule und die Zentrifugalkraft $\frac{m}{r} c^2$ Dezimegadynen. Letztere ist gleich der Zentripetalkraft, die wie bei einem konischen Pendel proportional r zunimmt, also $= A \cdot r$ gesetzt werden kann. Würde das Atom dieser folgend in die Ruhelage zurückfallen, d. h. würde sich seine potentielle Energie, die $= A \int_0^r r\, dr = \frac{m\, c^2}{r^2} \cdot \frac{r^2}{2} = \frac{m\, c^2}{2}$ ist, in kinetische Energie verwandeln, so wäre diese, wie dieses Ergebnis zeigt, ebenso groß wie die kinetische Energie infolge der Umlaufsbewegung; d. h. die Atome besitzen außer der letzteren eine ebenso große potentielle Energie. Da nun für ein einatomiges Gas die Atomwärme $= \frac{3}{2} \cdot 8319$ ist, muß sie für einen einatomigen festen Körper doppelt so groß $= 3 \cdot 8319$ oder $6 \cdot 4189$ Joule sein. In neuerer Zeit fand sich aber, daß für tiefe Temperaturen dieser einfache Satz keineswegs mehr zutrifft, so daß, wie weiter unten noch näher gezeigt wird, in der Nähe des absoluten Nullpunkts die kinetische Theorie in der eben dargelegten Form nicht mehr zutreffend sein kann.

Wie Clausius gezeigt hat, ermöglicht der von R. Mayer gefundene erste Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie oder Thermodynamik auch die Berechnung des Wirkungsgrades einer einfachen und vollkommenen thermodynamischen Maschine, wie sie zuerst Carnot in Betracht gezogen hat[1], d. h. desjenigen Teils der von der Maschine aufgenommenen Wärme, der wirklich in mechanische Arbeit umgesetzt wird. Clausius gelangte durch solche Betrachtungen zur Auffindung des außerordentlich wichtigen zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, daß dieser Bruchteil der gegebenen Wärme, die sogenannte freie Energie, durch das zur Verfügung stehende Temperaturgefälle bedingt ist, nämlich $= \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, wobei T_1 die höchste, T_2 die niedrigste Temperatur nach absoluter Skala gemessen bedeuten. Nur wenn $T_2 = 0$ wäre, d. h. wenn ein Tem-

[1] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **26**, 1916; Leitfaden der Physik, Braunschweig 1907, 152, § 170.

peraturgefälle bis zum absoluten Nullpunkt zur Verfügung stände, wäre völlige Umwandlung der gegebenen Wärme in Bewegungsenergie oder mechanische Arbeit möglich.

Wendet man diesen Satz auf die Leistung einer vollkommenen Dampfmaschine an, welche bei unendlich kleinem Temperaturgefälle und bei unendlich kleinem Kolbenhub arbeitet, so ergibt sich (nach G. Kirchhoff) ein interessanter Satz für die Verdampfungswärme.[1] Bezeichnet man diese (gemessen in Joule pro kg-Mol) mit q_m und die Dampftension in Dezimegadynen pro qm bei der absoluten Temperatur T mit p, so ist

$$q_m = 2 \cdot 4189 \cdot T^2 \cdot \frac{d \ln p}{d T}.$$

Analoge Gleichungen ergeben sich für die Schmelzwärme und die Umwandlungswärme bei polymorphen Umwandlungen, die nach meiner Theorie der molekularen (physikalischen) Isomerie ebenso wie auch Schmelzung und Verdampfung als chemische Dissoziationserscheinungen bei geringer Affinität zu betrachten sind, so daß schon hiernach vorausgesehen werden kann, daß auch für gewöhnliche chemische Umsetzungen auf gleichem Wege ähnliche Ausdrücke für die Reaktionswärme zu finden sein müssen, was später J. H. van t'Hoff gefunden hat, wie noch näher gezeigt werden soll.

Schreibt man den von Clausius gefundenen Satz, daß die Arbeit bei einem Spiel der Carnotschen Maschine $L = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ Joule ist, wobei Q_1 die aufgenommene Wärme, gemessen in Joule, bedeutet, so, daß T_1 unter Q_1 kommt, $L = \frac{Q_1}{T_1}(T_1 - T_2)$, so gleicht er ganz dem Satz, der die Arbeit eines Wassermotors bestimmt (Arbeit = Wassergewicht × Wassergefälle), falls man $\frac{Q_1}{T_1}$ als Wärmegewicht bezeichnet und $T_1 - T_2$ als Wärmegefälle.

Man kann das Spiel der Maschine in zwei Teile zerlegen. Bei der sich von selbst vollziehenden Expansion des Gases wird Wärme aufgenommen, und bei komplizierten Maschinen, die in einzelnen Stufen arbeitend gedacht werden können, kann man sagen, das Wärmegewicht nimmt bei jeder Expansion immer mehr zu. Im zweiten Teil, der sich nicht von selbst vollzieht, bei welchem vielmehr der Kolben durch die Energie

[1] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 157, § 172.

des Schwungrades gegen den Gasdruck zurückgetrieben wird wird Wärme Q_2 abgegeben, das Wärmegewicht $\frac{Q_2}{T_2}$ ist also negativ und man kann also allgemein sagen, bei solchen erzwungenen Vorgängen nimmt das Wärmegewicht ab.

Bei jedem vollkommenen Carnotschen Kreisprozeß ist die Summe der aufgenommenen und abgegebenen Wärmegewichte dieselbe, bei unvollkommenen Maschinen überwiegen aber die aufgenommenen, z. B. weil ein Teil der aus der aufgenommenen Wärme erzeugten Arbeit zur Überwindung von Reibungswiderständen verbraucht wird und somit nicht mehr als Bewegungsenergie des Schwungrades zur Kompression des Gases zur Verfügung steht.

Der Carnotsche Kreisprozeß kann auch umgekehrt durchlaufen werden, ohne daß die Formeln sich ändern. Dabei würde in der ersten Hälfte Wärmegewicht abgegeben und zwar ebensoviel (wegen Gleichheit der Formeln) wie beim direkten Betrieb in der zweiten Hälfte. Denkt man sich das Gas vom Zustande der äußersten Expansion in den Anfangszustand zurückgebracht, so ist also die Summe der abgegebenen Wärmegewichte auf beiden Wegen gleich groß. Ebenso groß wäre sie, wenn man irgend einen beliebigen dritten umkehrbaren Weg wählen würde; sie stellt also eine den gegebenen Anfangszustand kennzeichnende Größe dar, die bei allen von selbst verlaufenden Vorgängen wächst und nur bei nicht von selbst verlaufenden abnehmen kann. Clausius hat deßhalb den zweiten Hauptsatz auch in der Form ausgesprochen: „Die Entropie strebt einem Maximum zu."

Umgekehrt strebt die „freie Energie" einem Minimum zu. Bringen wir heißes und kaltes Gas zusammen, so wird das Temperaturgefälle von selbst niedriger und verschwindet schließlich ganz und damit auch die freie, in Arbeit umsetzbare Energie. Dieser Endzustand tritt dann ein, wenn die Entropie ein Maximum geworden ist. Es ist augenscheinlich der Zustand, der die größte Wahrscheinlichkeit besitzt. Denn wenn auch die mittlere Geschwindigkeit keineswegs allen Molekülen zukommt, so ist doch der Fall, daß sich von selbst alle Moleküle mit großer Geschwindigkeit in die eine Hälfte des Gefäßes begeben würden, die mit geringer Geschwindigkeit in die andere, daß also von selbst eine Temperaturdifferenz sich einstellen würde, ganz unwahrscheinlich. Das Wahrscheinlichste ist eine gleichmäßige Mischung der verschieden

rasch bewegten Moleküle und Boltzmann ist es in der Tat gelungen, nachzuweisen, daß die Entropie im Grunde nur ein Maß der Wahrscheinlichkeit des betr. Zustandes ist, genauer des natürlichen Logarithmus der Wahrscheinlichkeit.

Bezüglich des absoluten Wertes der Entropie zeigen sich freilich Schwierigkeiten ähnlich wie bei Berechnung der Energie, da dieser vom Ausgangspunkt abhängt. Beispielsweise ist für ein kg eines Gases die Änderung der Entropie dS, wenn bei der absoluten Temperatur T die Wärmemenge dQ zugeführt wird

$$dS = \frac{dQ}{T} = c_p \cdot \frac{dT}{T} = \frac{1}{T}(c_v\, dT + p\, dv) = c_v \frac{dT}{T} + \frac{8319}{M} \frac{dv}{v},$$

wenn v das Volumen in cbm bedeutet. Also $S = c_v \ln T + \frac{8319}{M} \ln v$ + Konst. Wie im folgenden gezeigt wird, kann aber die Konstante bestimmt werden, da sich der Wert der Entropie speziell für den absoluten Nullpunkt angeben läßt.

Statt durch eine Temperaturdifferenz kann die freie Energie auch durch eine Druckdifferenz bedingt sein. Wird ein Druckluftkessel mit einem Vakuumkessel verbunden, so kommt das Gas in Strömung. Beträgt die in Bewegung gesetzte Masse m kg, die Geschwindigkeit v m/sec., also die entstandene kinetische Energie $m \cdot \frac{v^2}{2}$ Joule, so ist diese gleich der ebenfalls in Joule gemessenen verschwundenen Wärmemenge. Waren T_0 und T Anfangs- bezw. Endtemperatur, also die verschwundene Wärmemenge $m \cdot c_p (T_0 - T)$ 4189 Joule, so ergibt sich für die Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases $v = \sqrt{2 \cdot 4189 \cdot c_p (T_0 - T)}$ m/sec. Nach Ausgleich des Druckes ist weitere Umwandlung von Wärme in Bewegungsenergie nicht mehr möglich, die freie Energie ist Null geworden, die Entropie hat ihr Maximum erreicht.

Werden zwei mit verschiedenartigen Gasen gefüllte Gefäße in Verbindung gesetzt, so findet Diffusion statt, d. h. jedes Gas expandiert, wie wenn das andere nicht vorhanden wäre, nur bedeutend langsamer, als in einem wirklich leeren Raum. Ist gleichmäßige Mischung eingetreten, so ist wieder die freie Energie Null, die Entropie ein Maximum. Mittels halbdurchlässiger Kolben, von welchen jeder nur eines der beiden Gase durchläßt, könnte man dieselben unter Aufwendung mechanischer Arbeit wieder auf ihre Anfangsvolumina zurückbringen, wobei die Entropie naturgemäß, da

es sich um einen nicht von selbst verlaufenden Vorgang handelt, wieder abnimmt, die freie Energie wächst.

Auch chemische Affinität kann das Vorhandensein freier Energie bedingen. Beispielsweise kann Arbeit gewonnen werden durch Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff, doch um so weniger, je höher die Temperatur ist. Die Affinität der beiden Stoffe nimmt mit steigender Temperatur ab und wird bei der Dissoziationstemperatur Null. Unterhalb derselben stellt sich ein sogenanntes chemisches Gleichgewicht zwischen Wasserstoff-, Sauerstoff- und Wasserdampfmolekülen her, indem z. B. da, wo heftige Zusammenstöße stattfinden, die letzteren Moleküle in erstere zerfallen, umgekehrt an Stellen minder heftiger Stöße Wasserstoff und Sauerstoff sich wieder verbinden. Je tiefer die Temperatur unter die Dissoziationstemperatur sinkt, um so geringer wird der Dissoziationsgrad, um so mehr werden die Wasserdampfmoleküle überwiegend. Das Mengenverhältnis derselben in einem geschlossenen Gefäß hängt also lediglich von der Temperatur ab. Es würde sich auch nicht ändern, wenn man durch eine nur für Wasserdampf durchlässige Stelle der Wandung Wasserdampf hineinpressen und an andern für Wasserstoff bezw. Sauerstoff durchlässigen Stellen gleichzeitig die äquivalenten Mengen von Wasser- und Sauerstoff entziehen würde. Bei diesem Vorgang müßte aber mechanische Arbeit aufgewendet werden, denn Wasserdampf verschwindet und an Stelle desselben würden freier Wasserstoff und Sauerstoff erhalten, es würde also Wasserdampf zersetzt, d. h. die freie Energie wäre gewachsen, die Entropie vermindert. Die Berechnung dieser Arbeit A für 1 kg-Mol ergibt[1]

$$A = 8319 \cdot T \cdot ln \frac{c^{1}{}_{2}}{c_1{}^2 \cdot c_2} \text{ Joule}$$

wenn c^1 die Anzahl kg-Mol Wasserdampf in 1 cbm des Behälters bedeutet und ebenso c_1 und c_2 die molekularen räumlichen Konzentrationen von Wasserstoff und Sauerstoff. Der Quotient $\frac{c^{1}{}_{2}}{c_1{}^2 \cdot c_2} = K$, die sogenannte Gleichgewichtskonstante ist von der Temperatur abhängig und die Gleichung läßt also nicht klar erkennen, wie sich die aufzuwendende Arbeit, die der Affinität der beiden Stoffe bei der betr. Temperatur entspricht, sich mit dieser ändert.

[1] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 164, § 174.

Dieselbe Arbeit würde natürlich gewonnen werden, wenn man auf der einen Seite Wasserstoff und Sauerstoff in den Behälter hineinpressen und auf der anderen Seite die äquivalente Menge Wasserdampf entziehen würde. Die dabei gewonnene Arbeit, d. h. die freie Energie, stellt wieder das Maß der Affinität von Wasserstoff und Sauerstoff bei der betr. Temperatur dar.

Um die Abhängigkeit derselben von der Temperatur übersehen zu können, ist es nötig, die Änderung der Gleichgewichtskonstante K mit der Temperatur zu ermitteln. Dies ist ebenfalls mit Hilfe der beiden Hauptsätze möglich. Das Ergebnis ist[1]

$$q_m = 2 \cdot 4189 \cdot T^2 \frac{d \ln K}{dT} \text{ Joule},$$

wenn q_m die auf 1 kg-Mol bezogene Reaktionswärme bedeutet.

Auch dieses Ergebnis ist keine vollkommene Lösung der Aufgabe, die chemische Affinität zu bestimmen, denn es stellt nur eine Differentialgleichung dar, bei deren Integration noch eine willkürliche Integrationskonstante hinzu kommt.

Betrachtet man, wie a. S. 11 angedeutet, den Verdampfungsprozeß als einen chemischen Vorgang entsprechend meiner Theorie der molekularen Isomerie, so ergibt der Vergleich der für die Verdampfungswärme gefundenen Formel mit der obigen $p = K$, d. h. man könnte das Verhältnis der Konzentrationen der reagierenden Moleküle aus der Dampftension, die der Dissoziationstension entspricht, finden, wenn die Beschaffenheit der Moleküle bekannt wäre.

Durch das Studium der oben erwähnten Abweichungen der beobachteten Werte der Atom- und Molekularwärmen von den theoretischen gelangte Nernst neuerdings zu einer vollkommenen Lösung des Problems der Messung der chemischen Affinität, insofern es ihm durch ein hierbei entdecktes neues Wärmetheorem, welches man auch als dritten Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnet, möglich wurde, den Wert der Integrationskonstanten in den Ausdrücken für die freie Energie oder Entropie zu bestimmen. Dieser Satz sagt aus, daß beim absoluten Nullpunkt die spezifische Wärme und ihr Temperaturkoeffizient Null werden, so daß es im Grunde auf keine Weise möglich sein wird, einen Körper wirklich bis zum absoluten Nullpunkt abzukühlen.

---

[1] Siehe a. a. O. S. 165, § 175.

Wie ich bereits in einem früheren Vortrage dargelegt habe[1], fand sich so für die freie Energie oder Affinität A die Gleichung: $A = U_0 - \beta T^2$, und für die Reaktionswärme U die Gleichung: $U = U_0 + \beta T^2$ Joule.

In welcher Weise sich die Reaktionswärme mit der Temperatur ändert, läßt sich wieder am einfachsten bei dem Verdampfungsprozeß erkennen (welcher nach der Theorie der molekularen Isomerie ein chemischer Umwandlungsprozeß ist), insofern, ähnlich wie oben bei Bestimmung der Entropie gezeigt, derselbe Endzustand auf zwei verschiedenen Wegen von demselben Anfangszustand aus erreicht werden kann.

Beispielsweise sei der Anfangszustand 1 kg flüssiges Benzol von der absoluten Temperatur T, der Endzustand 1 kg Benzoldampf von der Temperatur $T + dT$. Man kann das Kilogramm Benzol bei T^0 in Dampf verwandeln, wobei r Joule Wärme (Verdampfungswärme genannt) zuzuführen sind, und dann den Dampf um dT Grad erwärmen, wozu $c_p \cdot dT$ Joule gehören, wenn c_p die spezifische Wärme des Benzoldampfes in Joule pro kg gemessen bedeutet. Der Gesamtwärmeverbrauch wäre $r + c_p \cdot dT$. Man kann aber auch erst das flüssige Benzol um dT erwärmen wozu $c \cdot dT$ Joule nötig sind, wenn c die spez. Wärme des flüssigen Benzols bedeutet und dann die Verdampfung herbeiführen, wozu $r + dr$ Joule zuzuführen sind. Der Wärmeverbrauch $c \cdot dT + r + dr$ auf diesem zweiten Wege muß ebenso groß sein wie der auf dem ersten, d. h. $r + c_p \cdot dT = c\,dT + r + dr$, so daß der gesuchte Temperaturkoeffizient der Verdampfungswärme sich ergibt nach der Formel $\frac{dr}{dT} = c_p - c$. Nun ist $c_p = 0{,}292 \cdot 4189$, $c = 0{,}436 \cdot 4189$, also $\frac{dr}{dT} = -0{,}144 \cdot 4189$, in bester Übereinstimmung mit der Beobachtung.

In ganz analoger Weise ergibt sich der Temperaturkoeffizient der Umwandlungswärme (Reaktionswärme) bei der polymorphen Umwandlung von rhombischem in monoklinen Schwefel, wie Nernst gezeigt hat.[2]

---

[1] O. Lehmann, diese Verh. **24**, 290, 1912; leider sind hier die Figuren 2 u. 3 verwechselt.

[2] Nach meiner Theorie der molekularen (physikalischen) Isomerie ist die polymorphe Umwandlung ein chemischer Vorgang, weil sie auf die Änderung der Moleküle beruht. Nernst, welcher Anhänger der alten Identitätstheorie ist, nach welcher es sich

Man bewirke zunächst die Umwandlung von 1 kg rhombischem Schwefel bei der Umwandlungstemperatur T nach absoluter Skala, wozu U Joule (Umwandlungswärme) verbraucht werden. Sodann erwärme man den entstandenen monoklinen Schwefel um dT Grad, wozu $c_m \cdot dT$ Joule nötig sind, wenn c_m die spezifische Wärme des monoklinen Schwefels in Joule pro kg bedeutet. Der gesamte Wärmeverbrauch ist $U + c_m \, dT$ Joule. Man kann nun aber auch zunächst das kg rhombischen Schwefel um dT Grad erwärmen, wozu $c_r \cdot dT$ Joule gehören, wenn c_r die spezifische Wärme des rhombischen Schwefels ist, und dann die Umwandlung bewirken, wozu $U + dU$ Joule verbraucht werden. Der Gesamtverbrauch an Wärme $c_r \, dT + U + dU$ muß gleich dem im ersten Fall sein, d. h. $= U + c_m \, dT$, woraus sich als Temperaturkoeffizient der Umwandlungswärme ergibt $\frac{dU}{dT} = c_m - c_r$. Da nun $U = U_0 + \beta T^2$, folgt $\frac{dU}{dT} = 2\beta T$, also $\beta = \frac{c_m - c_r}{2T}$ und $U = U_0 + \frac{c_m - c_r}{2T} \cdot T^2 = (1{,}57 + 1{,}15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2)\ 4189$ Joule. Somit ist die freie Energie oder die Affinität, mit welcher sich die Umwandlung bei einer beliebigen Temperatur T vollzieht: $A = U_0 - \beta T^2 = (1{,}57 - 1{,}15 \cdot 10^{-5}\, T^2)\ 4189$ Joule pro kg. Bei der Umwandlungstemperatur T_1 ist die Affinität $A_1 = 0$, so daß sich aus dieser Gleichung ergibt $T_1 = 369{,}5^\circ$ nach absoluter Skala, in befriedigender Übereinstimmung mit den Beobachtungen.

In gleicher Weise würden sich Affinität, Reaktions- oder Dissoziationswärme und Dissoziationstemperatur für beliebige chemische Reaktionen und Gleichgewichtszustände berechnen lassen, vorausgesetzt, daß es sich wie bei der Verdampfung und bei der polymorphen Umwandlung um reversible Prozesse handelt, was z. B. für den oben betrachteten Fall der Dissoziation des Wasserdampfes zutrifft.

---

lediglich um andere Raumgitteranordnung der Moleküle handelt, kann den Vorgang natürlich nicht ohne weiteres als chemische Reaktion bezeichnen. Die Versuche über Röntgenstrahleninterferenzen haben aber neuerdings ermöglicht, auch vom Standpunkt der Identitätstheorie eine chemische Umwandlung anzunehmen. Die neue Atomgruppierungstheorie nimmt nämlich an, alle Kristalle seien gewissermaßen große Moleküle, sie seien direkt durch chemische Bindung aus Atomen zusammengesetzt. Kristalle polymorpher Modifikationen wären also große chemisch isomere Moleküle, die Umwandlung somit ein chemischer Vorgang. Ich halte diese Auffassung für unverträglich mit meinen Beobachtungen bei flüssigen Kristallen, wie ich in den Ann. d. Phys. 47, 832, 1915 eingehend dargelegt habe.

Das Ergebnis zeigt, daß die Ansicht der älteren kinetischen Theorie, beim absoluten Nullpunkt müßten sowohl kinetische wie potentielle Energie der Atome = Null geworden sein, durchaus nicht zutrifft, denn mit sinkender Temperatur steigt die Affinität, d. h. die freie Energie, und beim absoluten Nullpunkt selbst würde sie gleich der Reaktionswärme, es wäre möglich, an Stelle von Wärme ausschließlich mechanische Arbeit zu bekommen und zwar ohne Temperaturgefälle. Demnach existiert also eine Nullpunktsenergie und zwar ist sie freie Energie und hat einen sehr beträchtlichen Wert.

Auch die nähere Erforschung der Imponderabilien führt zu derselben Schlußfolgerung. Bereits Helmholtz war durch nähere Analyse der elektrolytischen Vorgänge zu dem Ergebnis gekommen, die Elektrizität müsse aus weiter nicht mehr teilbaren Partikelchen bestehen, deren elektrische Masse $0{,}156 \cdot 10^{-18}$ Coulomb beträgt[1], die das sind, was man heute Elektronen nennt, sofern es sich um negative Elektrizität handelt (die Elementarquanten der positiven Elektrizität kommen nämlich nur mit Atomen zu Ionen vereinigt vor). In den von Hittorf entdeckten Kathodenstrahlen, in welchen Crookes, der sie „strahlende Materie" nannte, letzte Realitäten zu sehen glaubte, bewegen sich Elektronen mit einer von der elektrischen Spannung abhängigen Geschwindigkeit, die über 100 Millionen Meter pro Sekunde betragen kann.[2]

Die stoßweise Entladung von Elektroskopen durch vereinzelte bei Spitzenentladung entstandene Elektronen oder Ionen (auch Molionen, Verbindungen von Ionen mit Molekülen), das Funkeln eines Zinkblendeschirms unter dem Einfluß von Radiumstrahlung, die durch Radium- und Röntgenstrahlen erzeugten Nebelstreifen in mit Feuchtigkeit übersättigter Luft[3] u. a. sind direkte Beweise für die Existenz der Elektronen. Letztere stellen zweifellos unveränderliche Dinge, Invarianten der Relativitätstheorie dar, auf welche sich exakte Beschreibung und Berechnung der Naturvorgänge stützen kann.

Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Atomen ist die Polarität ihrer Kräfte und der Umstand, daß der Sitz

[1] Vgl. aber auch F. Ehrenhaft, Phys. Zeitschr. **16**, 227, 1915 und D. Konstantinowsky, ebenda S. 227, 1915.

[2] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 250, § 255 u. ff.

[3] Nach Wilson. Vgl. den Vortrag von Schachenmeier; ferner O. Lehmann, diese Verh. **25**, 71 u. ff., 1913.

der elektrischen Energie das elektrische Kraftfeld in dem umgebenden Medium ist.[1]

Ferner treten bei Bewegung von Elektronen oder allgemein bei Änderung der dieselben umgebenden Kraftfelder magnetische Felder auf, die von anderen Imponderabilien, magnetischen Massen (Magnetonen) auszugehen scheinen, so wie umgekehrt bei Änderung magnetischer Kraftfelder, die der Sitz magnetischer Energie sind, gemäß Maxwells Gleichungen elektrische Felder auftreten.

Das Entstehen magnetischer Energie bei Bewegung von Elektronen bedingt, daß diese der Bewegung eine Art Trägheitswiderstand entgegensetzen und zwar ergibt die Berechnung[2], daß sich die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb in dieser Hinsicht verhält wie eine träge Masse von 10 Billiontel Kilogramm, so daß man einem Elektron eine scheinbare träge Masse von 1,56 Quintilliontel Kilogramm zuschreiben muß. Tatsächlich entspricht dieser Annahme die Stoßkraft der Elektronen und die Wärmeentwicklung, wenn sie in ihrem Lauf aufgehalten werden. Wird in einem Eisenstab Magnetismus durch Strom in einer umgebenden Drahtspule erregt, d. h. kommen die Elektronen in gleichgerichtete Rotation, so muß infolge des Gesetzes von Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung der Eisenstab mit einer der trägen Masse der Elektronen entsprechenden Stoßkraft in entgegengesetzte Drehung versetzt werden. Tatsächlich ist es Einstein und de Haas[3] gelungen, die Existenz dieser Stoßkraft quantitativ richtig experimentell nachzuweisen. Temperaturerniedrigung hat geringen Einfluß auf die Intensität des Magnetismus, auch die magnetische Energie ist somit eine Nullpunktsenergie, die nach der älteren Auffassung, beim absoluten Nullpunkt verschwinde jede Bewegung, nicht existieren könnte. Übrigens wird der elektrische Widerstand von Drähten in der Nähe des absoluten Nullpunkts Null, so daß elektrische Ströme in stark abgekühlten Spulen ohne Energiezufuhr lange Zeit andauern können, was experimentell erwiesen wurde.

Treffen elektrische oder magnetische Kraftlinien auf die Grenze zweier Medien mit verschiedener Dielektrizitätskonstante bezw. verschiedener magnetischer Permeabilität, so entstehen

[1] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **26**, X, 1914.

[2] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 252, § 256.

[3] A. Einstein u. W. J. de Haas, Verh. d. D. phys. Ges. 17, 152, 1915

ponderomotorische Kräfte, die an diesen Grenzflächen angreifen und pro Quadratmeter ebensoviel Dezimegadynen betragen als die Energie Joule pro Kubikmeter, also im Fall eines elektrischen Feldes $\frac{9 \cdot 10^9 \cdot H_e^2}{8 \pi \eta}$, im Fall des magnetischen Feldes $\frac{10^7 \cdot H_m^2}{8 \pi \mu}$ wobei H_e und H_m die Zahl elektrischer bezw. magnetischer Kraftlinien pro qm bedeuten, wenn diese in solcher Dichte gezogen sind, daß sich am Fußpunkt jeder $1/4\pi$ Coulomb bezw. $1/4\pi$ Weber befinden.[1]

Die gesamte Kraft ist die Differenz der auf die eine und andere Seite der Grenzfläche wirkenden Kräfte. Ist die Grenzfläche senkrecht zu den Kraftlinien, so sind diese beiden Kräfte nach dem Innern des betr. Dielektrikums gerichtet, wie wenn die Kraftlinien an der Grenzfläche befestigt wären und Zugkräfte darauf ausübten. Ist die Grenzfläche parallel den Kraftlinien, so sind die Kräfte umgekehrt nach außen gerichtet, so daß man von einem Druck der Kraftlinien quer zu ihrer Längsrichtung sprechen kann. Ist die Grenze schräg zu den Kraftlinien unter 45°, so liegen die Kraftrichtungen in der Fläche in entgegengesetzten Richtungen, bringen also eine Schubwirkung hervor.[2]

Die magnetischen Kraftlinien endigen scheinbar in magnetischen Polen (oder Magnetonen), welchen man eine magnetische Masse zuschreibt (Maßeinheit das Weber), ebenso wie die elektrischen in elektrischen Ladungen oder Elektronen und Ionen (Maßeinheit das Coulomb). In Wirklichkeit gibt es aber keine magnetische Massen, sondern nur bewegte Elektrizität, welche magnetische Felder erzeugt; die magnetischen Kraftlinien laufen also in Wirklichkeit immer in sich zurück. Ebenso treten bei Bewegung eines Magnetpols in sich geschlossene elektrische Kraftlinien auf[3], es gibt also elektrische Kraft ohne Elektrizität. Zweifellos besitzen diese in sich geschlossenen elektrischen und magnetischen Felder ohne Elektronen und Magnetonen reale Existenz ebenso wie die Atome, Elektronen und Ionen. Sie lassen sich in exakter Weise messen und können somit als Grundlage physikalischer Berechnungen dienen. Da sie aber auch im leeren

[1] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 246, § 252.
[2] Siehe F. Emde, Elektrotechnik und Maschinenbau 1916, Nr. 12 u. 13.
[3] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **26**, XIII, 1914.

Raume existieren können und für uns eine Kraftwirkung nur verständlich ist, wenn wir ein Wesen kennen, welches die Kraft ausübt, an dessen Stelle wir unser eigenes Ich gesetzt denken können, so sind wir geneigt, auch im leeren Raume ein auf keine Weise sonst wahrnehmbares Medium anzunehmen, den Äther, welcher ebenfalls als Aggregat von Individuen, von Atheratomen zu denken ist, denen man Beweglichkeit zuschreiben muß.

H. Hertz bezeichnete es geradezu als Auffassung sämtlicher Physiker, die Aufgabe der Physik bestehé darin, alle Vorgänge auf Bewegungsvorgänge zurückzuführen, wie es auch die Ansicht von Helmholtz und Clausius war, was freilich in vorliegendem Fall nur möglich ist unter Annahme verborgener Bewegungen, die sich auch im leeren Raume abspielen. Alle Bemühungen, die elektromagnetischen Erscheinungen in solcher Art mechanisch zu erklären, sind aber erfolglos geblieben, ja nach H. Witte[1] läßt sich sogar beweisen, daß sie auch stets vergebliche sein werden. Es wäre also irrtümlich im Sinne Galileis, die mechanischen Erscheinungen als das Primäre zu betrachten; mehr Aussicht hat die umgekehrte Annahme, das wirklich Reale seien die elektrischen und magnetischen Felder und durch deren Verhalten (welches durch die Maxwellschen Gleichungen bestimmt ist), seien die mechanischen Erscheinungen und das Verhalten der Materie zu deuten. Die Felder existieren unabhängig von der Temperatur, bilden also ebenfalls eine Form von Nullpunktsenergie.

Das Merkwürdigste ist, daß in sich geschlossene elektrische und magnetische Felder frei im Raume fortwandern können, ähnlich den Luftverdichtungen und -verdünnungen beim Schall, welche ebenso wie die wandernden Felder keinen Gleichgewichtszustand darstellen. Seit den Untersuchungen von H. Hertz und seiner Nachfolger über diese elektromagnetische Strahlung sind wir überzeugt, daß Licht- und Wärmestrahlung, chemische Strahlen und Röntgenstrahlen nichts anderes sind, als solche wandernde elektrische und magnetische Felder, deren Abstand ein außerordentlich geringer sein kann, kleiner als der Durchmesser eines Atoms, der auf $^1/_{10}$ eines Millionteł Millimeters geschätzt wird.

Treffen solche elektromagnetische Strahlen auf die Grenze zweier Medien mit verschiedener Dielektrizitätskonstante oder mag-

[1] H. Witte, Phys. Zeitschr. **7**, 779, 1906; Ann. d. Phys. **26**, 235, 1908; **32**, 382, 1910; Elektrot. Zeitschr. 1909, Heft 48.

netischer Permeabilität, so entstehen ponderomotorische Kräfte, wie oben angegeben; die Strahlung übt also einen Druck aus, der gemessen in Dezimegadynen pro Quadratmeter gleich der Energiedichte in Joule pro Kubikmeter ist. Es ist nicht möglich, diesen Druck zu verstehen ohne Annahme eines Trägers der Kräfte auch im leeren Raum, d. h. ohne Annahme der Existenz des Lichtäthers.

Die Quelle der Arbeitsleistung durch den Druck von Licht- und Wärmestrahlung ist die Wärmeenergie, aus welcher die Strahlungsenergie hervorgeht. Ganz wie im Fall der Umsetzung von Wärme in mechanische Arbeit mittelst einer thermodynamischen Maschine kann man also auch in diesem Fall nach dem Wirkungsgrad der Energieumwandlung fragen und das Problem in analoger Weise lösen.

Man denke sich eine Carnotsche Maschine, deren Zylinder und Kolben auf der Innenseite vollkommen spiegeln bis auf die Bodenfläche des Zylinders, welche absolut schwarz sei. Letztere werde erwärmt, so daß sie Strahlung in den Zylinder hineinsendet, welche auf den Kolben drückt und dadurch das Schwungrad in Drehung versetzt. Da dieser Vorgang ebenso wie die Expansion eines Gases sich von selbst vollzieht, muß die Entropie wachsen. Die Bodenfläche verliert aber Wärme durch die Strahlung, ihre Entropie wird also kleiner, somit muß der Strahlung ebenfalls Entropie zukommen, (damit die Summe größer wird, als der frühere Betrag), folglich auch Temperatur, da die Definition der Entropie solche voraussetzt.

Die Temperatur der Strahlung ist natürlich gleich der der schwarzen Fläche, von welcher sie ausgeht, da der Vorgang umkehrbar ist (weil die Strahlung auch wieder absorbiert werden kann), wie bei einem gewöhnlichen Wärmegleichgewicht. Ist E die Strahlungsenergie in Joule pro cbm, so kann man annehmen, da 3 zu einander senkrechte Richtungen gleichwertig sind bezüglich der Richtung der Strahlen, daß $^1/_3$ der Strahlen senkrecht auf den Kolben auftreffe, somit der Druck $^1/_3\,E$ Dezimegadynen pro qm betrage. Ist die Kolbenfläche $= q$ qm, der Hub ds Meter, die Volumzunahme dv cbm, so ist die Arbeitsleistung $= \frac{E}{3} \cdot q \cdot ds = \frac{E}{3} \cdot dv$ Joule. Die gesamte im Zylinder enthaltene Strahlungsenergie beträgt $E \cdot v$ Joule, ihre Änderung $d\,(E\,v)$ Joule. Nun muß nach dem ersten Hauptsatz für die zugeführte Wärmemenge gemessen in Joule die Gleichung bestehen $d\,Q = d\,(E\,v) + \frac{E}{3} \cdot dv = v\,d\,E + \frac{4}{3}\,E\,dv$;

ferner beträgt nach dem zweiten Hauptsatz die geleistete Arbeit $\frac{dQ}{T} \cdot dT = \left(\frac{v}{T}\,dE + \frac{\frac{4}{3}E}{T}\,dv\right) dT$, es muß also sein $\frac{\delta\left(\frac{v}{T}\right)}{\delta v} = \frac{\delta\left(\frac{\frac{4}{3}E}{T}\right)}{\delta E}$ oder $\frac{1}{T} = \frac{\frac{4}{3}}{T} - \frac{\frac{4}{3}E}{T}\,\frac{dT}{dE}$, woraus folgt $T = 4\,E \cdot \frac{dT}{E}$ oder $\frac{dE}{E} = 4 \cdot \frac{dT}{T}$ oder $E = \text{Konst. } T^4$, d. h. es ergibt sich das Stefansche Strahlungsgesetz über die Abhängigkeit der Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers von der Temperatur in vollkommener Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Arrhenius [1] schreibt dem Strahlungsdruck große Bedeutung zu für die Erhaltung der Welt. Während diese nach der Kant-Laplaceschen Theorie infolge der Strahlung und der dadurch bedingten Abkühlung der Himmelskörper in fortschreitender Kondensation begriffen ist und auch nach dem Entropieprinzip schließlich dem „Wärmetod" verfallen muß, wobei alle Energieformen sich in Wärme umgesetzt haben, entsprechend dem Maximum der Entropie, also Bewegung und Elektrizität nicht mehr existieren, alles Geschehen aufhört, soll nach Arrhenius der Strahlungsdruck, welcher feinste Stäubchen und Moleküle von den Sonnen forttreibt, eine Wiederauflösung der Weltkörper in Nebel- und Gasmassen bewirken unter sich von selbst vollziehender Abnahme der Entropie durch Wirkung der Strahlungsarbeit und aus diesen Nebelmassen sollen sich dann wegen Ausstrahlung und Kondensation durch Wirkung der Gravitation unter starker Wärmeentwicklung neue Welten bilden. Berücksichtigt man aber, daß die Strahlung aus Wärme entsteht und als eine Form freier Energie nur in solchem Maße als das vorhandene Temperaturgefälle gestattet, so erscheint eine Verhinderung des Wärmetodes auf diese Weise unmöglich. Die Welt muß also einen bestimmten Anfang gehabt haben, sonst wäre der Wärmetod schon eingetreten, falls sie begrenzt ist; denn auf unendlich ausgedehnte Systeme lassen sich die Betrachtungen nicht anwenden.

Ein elektromagnetischer Wellenzug schreitet im leeren Raume mit der konstanten Ge-

[1] S. Arrhenius, Das Werden der Welten, Leipzig 1907.

schwindigkeit von 300 Millionen Metern pro Sekunde fort, ähnlich einem Zug von Wasserwellen auf der Oberfläche eines Teiches, dessen Geschwindigkeit freilich nur sehr klein ist. Wäre es beispielsweise gelbes Natriumlicht, das im Spektroskop eine gelbe Linie erzeugt, so würde sich die Linie bei rascher Annäherung des Spektroskops an die Lichtquelle nach dem violetten Ende des Spektrums verschieben müssen (Dopplers Prinzip), bei Entfernung nach dem roten Ende, da pro Sekunde das Spektroskop im ersten Fall mehr, im zweiten weniger Wellen (elektr. Felder) empfängt. Würde sich die Lichtquelle verschieben, so würde ebenso auf deren Vorderseite der Abstand der Felder sich vermindern, die Energiedichte, also auch der Reaktionsstrahlungsdruck auf die Lichtquelle steigen, auf der Rückseite kleiner werden. Die Folge davon ist ein Widerstand gegen die Bewegung; die träge Masse des Körpers wächst also mit der Geschwindigkeit. Bei Verschiebung mit Lichtgeschwindigkeit würde sie unendlich werden, schneller kann sich also ein strahlender Körper — und jeder strahlt — nicht bewegen. Es gibt somit auch eine Grenze der Temperaturerhöhung, d. h. der Molekulargeschwindigkeit.

Wäre ein innen vollkommen spiegelnder, absolut leerer Hohlraum gegeben, dessen Wände so geringe Masse haben sollen, daß sie vernachlässigt werden kann, so würde nichtsdestoweniger dieser Hohlraum der Verschiebung einen Widerstand entgegenstellen, wie wenn die Strahlung selbst Trägheit hätte. Auf solche kann man auch schließen aus der Stoßkraft, d. h. dem Druck, den sie auf einen getroffenen Körper ausübt. Beispielsweise wäre die träge Masse von 1 cbm Sonnenlicht = 53 Quadrilliontel Kilogramm, die träge Masse, die ein absolut schwarzer Körper durch Strahlung bei der absoluten Temperatur T Grad verliert $0{,}59 \cdot T^4$ Quadrilliontel Kilogramm pro Quadratmeter und Sekunde, ebenso groß die Vermehrung der trägen Masse, wenn er Strahlung absorbiert, was z. B. für 1000° den Betrag von 0,59 Billiontel kg pro qm und Sekunde ausmachen würde. Bei einem auf 0,001 mm Quecksilberdruck verdünnten Gas würde bei der Schmelztemperatur des Platins die darin enthaltene Strahlungsenergie etwa ¼ der in Form von thermischer Bewegung vorhandenen Energie ausmachen, so daß die träge Masse derselben bei rascher Strömung wohl in Betracht zu ziehen wäre. Ist das Gas ein einatomiges und in einen innen vollkommen spiegelnden Hohlraum eingeschlossen, ent-

hält es ferner strahlende Oszillatoren und absorbierende Resonatoren von Atomdimensionen, so läßt sich beweisen, daß ein Gleichgewichtszustand, wie er dem Maximum der Entropie entspricht, nur bestehen kann bei gleichmäßiger Energieverteilung zwischen den bewegten Atomen und den Oszillatoren, was aber dann wie in einem früheren Vortrage [1] gezeigt wurde, zu einem Widerspruch gegen das oben abgeleitete und bewährte Strahlungsgesetz führt. Dieser Widerspruch verschwindet nur, wenn man auf das sonst in der kinetischen Theorie stets als gültig anerkannte Gleichverteilungsgesetz verzichtet, ebenso auch auf die Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen für Atome, und mit M. Planck [2] annimmt, die Energie könne nur in einzelnen Quanten im Betrage von $6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu$ Joule ausgesandt werden, worin ν die Schwingungszahl eines Oszillators pro Sekunde ist und $6{,}55 \cdot 10^{-34}$ ein von der Natur des Stoffes und den sonstigen Umständen unabhängige Konstante, die als Wirkungsquantum bezeichnet wird. Aus dieser Energiequantentheorie ergibt sich nicht nur das obige Strahlungsgesetz, sondern auch die richtige Verteilung der Energie auf die einzelnen Strahlungsarten und deren Änderung mit der Temperatur, das Wiensche Verschiebungsgesetz.[3]

Weiter gelangt man auf Grund spezieller Annahmen über die Beschaffenheit der Atome, wie sie z. B. von Bohr [4] und Debye [5] gemacht wurden, wobei Elektronen um positive Ionen kreisend gedacht werden, zu quantitativer Ableitung der Linienspektra der betr. Stoffe, ihrer Absorption und Dispersion, des Stokesschen Gesetzes der Fluoreszenz, der Lichtelektrizität, der Röntgenstrahlenemission usw., ja sogar von mechanischen Eigenschaften wie der spez. Wärme, der inneren Reibung usw. In Übereinstimmung mit den obigen Ergebnissen zeigt sich ferner, daß der Betrag von ½ Energiequant pro Freiheitsgrad jedes Atoms nicht ausgestrahlt werden kann, so daß jedes Atom eine Nullpunktsenergie in diesem Betrage besitzen muß, welche als träge Masse desselben erscheint.

[1] O. Lehmann, diese Verh. **24**, 283, 1912.

[2] M. Planck, Sitzb. d. Berl. Akad. 1907, 542; Ann. d. Phys. **26**, 1, 1908; Theorie der Wärmestrahlung, 1913.

[3] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 285, § 287.

[4] Siehe E. Riecke, Phys. Zeitschr. **16**, 222, 1915.

[5] P. Debye, Sitzb. d. Münch. Akad. 1915, 1.

In welcher Beziehung steht nun diese scheinbare träge Masse zu der wahren trägen Masse, die nach dem Galileischen Fundamentalsatz identisch ist mit der schweren Masse? Ist vielleicht die scheinbare träge Masse des elektrischen und magnetischen Feldes ebenfalls schwer, sind die Imponderabilien Elektrizität und Licht in Wirklichkeit ebenfalls schwere Massen?

Einer solchen Annahme scheint schon der Umstand zu widersprechen, daß die scheinbare Masse mit der Geschwindigkeit veränderlich ist, während die Galileische wahre Masse etwas absolut Konstantes darstellt und als das anscheinend wirklich Reale zur Grundlage aller physischen Berechnungen diente.

Nähere Untersuchung der Strahlungsvorgänge hat aber zu dem Ergebnisse geführt, daß der absolute Wert der Galileischen Masse sich nicht aufrecht erhalten läßt, sie wächst vielmehr mit der Geschwindigkeit, wie wenn Äther (immer mehr) mitgenommen würde.

Die Wasserwellen auf der Oberfläche eines Teiches werden von dem Wasser mitgenommen, wenn dasselbe in Strömung gerät, ihre Ausbreitung wird gestört in der Nähe einer fahrenden Gondel, da hier infolge der Reibung das Wasser sich mehr oder weniger mitbewegt. Ähnlich sollte die Ausbreitung des Lichtes gestört werden in der Nähe der Erde infolge ihrer Rotation und ihres Umlaufs um die Sonne, falls eine Art Reibung zwischen Materie und Äther auftritt und infolge dessen der Äther in der Nähe der Erde von dieser bis zu gewissem Grade mitgenommen wird. Beobachtungen hierüber, sowie über etwaige Mitnahme der Lichtwellen von Gas- oder Flüssigkeitsströmen in Röhren, wie sie Fizeau angestellt hat oder über die Mitbewegung elektrischer Kraftlinien in bewegten dielektrischen Stoffen, wie sie Röntgen ausführte, haben aber stets negativen Erfolg gehabt, was zu dem Schlusse nötigt, *der Äther könne auf keine Weise in Bewegung gesetzt werden*, er müsse, falls er überhaupt existiert, stets *in absoluter Ruhe* verharren, mit wie großer Geschwindigkeit auch die Körper sich durch ihn hindurchbewegen mögen.

Die experimentelle Prüfung dieses Schlusses durch Michelson hatte aber gleichfalls negatives Ergebnis, was sich zwar insofern voraussehen ließ, als ein positives Ergebnis eben in der Feststellung der absoluten Ruhe des Äthers, d. h. in der Messung der absoluten

[1] O. Lehmann, diese Verh. **23**, 51, 1910.

Geschwindigkeit des bewegten Körpers hätte bestehen müssen, da ja die Geschwindigkeit relativ zu dem absolut ruhenden Äther nichts anderes als absolute Geschwindigkeit ist. Bereits nach Galileis Relativitätsprinzip kann es aber nicht möglich sein, diese zu bestimmen, auch deshalb nicht, weil kein fester Punkt und keine feste Richtung im leeren Raume, d. h. im Äther gegeben ist.

Zur Erklärung des Michelsonschen Ergebnisses wurde notwendig anzunehmen, daß **ein bewegter Körper nur für einen mitbewegten Beobachter seine Längenausdehnung behält, während er sich für einen ruhenden Beobachter in der Richtung der Bewegung zu kontrahieren scheint** und zwar im Verhältnis $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} : 1$, wenn v die Geschwindigkeit des Körpers und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Der Grund liegt darin, daß die Länge nur relativen Wert hat. Der ruhende Beobachter kann nicht wie der mitbewegte einfach einen Maßstab anlegen, um die Länge zu ermitteln, er muß die Messung mit Hilfe von Lichtsignalen durchführen und hierdurch kommt er, obschon er sich des gleichen Maßstabes bedient und im Prinzip ebenso mißt wie der mitbewegte Beobachter, zu einem andern Ergebnis wie dieser. Gleiches gilt für die Beobachtung einer Zeitdauer, die in gleichem Maße eine Verkürzung erfährt oder für Beobachtung der Temperatur, die erniedrigt erscheint. Einstein[1] erweiterte das Relativitätsprinzip dahin, daß auch in diesem Fall immer nur die relative Bewegung in Betracht kommt, daß also die scheinbare Verkürzung ganz dieselbe ist, wenn der Körper ruht und der Beobachter sich bewegt. Daraus folgt, daß die Verkürzung unmöglich eine Folge der Verschiebung der Körpermoleküle relativ zum Äther und dadurch geweckter besonderer Molekülekräfte sein kann, wie H. A. Lorentz zuvor angenommen hatte. Gibt es wirklich einen Äther, so müßte freilich eine solche tatsächliche Kontraktion nach Ansicht von M. Planck eintreten und da sie dem Einsteinschen Relativitätsprinzip zufolge nicht eintreten kann, so schließt hieraus Planck auf Nichtexistenz des Äthers. Manche halten diesen Schluß nicht für genügend sicher und halten deshalb an der Existenz des Äthers fest, auf die, wie bemerkt, nicht verzichtet werden kann, wenn eine verständ-

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 891; **18**, 639, 1905; M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Braunschweig 1911.

liche Beschreibung der Erscheinungen gegeben werden soll, da, wie oben ausgeführt, eine Kraftwirkung nur dann im Geiste von uns nachgeahmt werden kann, wenn wir ein unteilbares Wesen kennen, das die Kraft ausübt und an dessen Stelle wir unser eigenes Ich setzen können. Die Hypothese der Existenz des Äthers allein genügt allerdings auch noch nicht, wir müssen ihn uns als Aggregat von Atomen vorstellen.

Durch Einführung der Einsteinschen speziellen Relativitätstheorie wurden auch Unklarheiten, die bezüglich der Maxwellschen Gleichungen bestanden, beseitigt. Beispielsweise induziert ein Magnetpol in einem Kupferring, dem er genähert wird, einen elektrischen Strom. Ist der Kupferring nicht verhanden, sondern der Raum leer, so erzeugt die Bewegung des Magnetpols nur ein ringförmiges in sich zurücklaufendes elektrisches Kraftfeld. Ein solches entsteht zunächst auch in dem Kupferring, weil aber dieser freie Elektronen enthält, so werden sie in der Richtung der elektrischen Kraft in Bewegung gesetzt, es entsteht der Induktionsstrom. Würde man nun nicht den Magneten dem Kupferring nähern, sondern den Kupferring bewegen, während der Magnet ruht, so liegt zur Entstehung eines ringförmigen elektrischen Feldes, welches einen Induktionsstrom erzeugen könnte, nach den Maxwellschen Gleichungen kein Grund vor und dennoch entsteht dieser Strom in ganz derselben Stärke, es kommt nur auf die relative Bewegung von Magnetpol und Kupferring an; er muß entstehen nach dem Relativitätsprinzip, denn sonst ließe sich durch diesen Versuch entscheiden, was sich wirklich bewegt, Magnet oder Ring.

Die erzielten Erfolge regten Einstein dazu an, seine Relativitätstheorie noch zu erweitern zur allgemeinen Relativitätstheorie, welche verlangt, die Naturgesetze müßten so beschaffen sein, daß sie sich nicht ändern, welches auch die Art der Bewegung des Beobachters ist, d. h. des Bezugssystems und des Koordinatensystems, in bezug auf welches die Koordinaten der einzelnen Punkte angegeben werden.

Man stelle sich z. B. einen zur Erde fallenden Stein vor, welcher sich mit gleichmäßig zunehmender Geschwindigkeit der Erde nähert. Der auf der Erde stehende Beobachter glaubt, der Vorgang finde in dieser Weise statt. Wenn aber der Stein ruhte und die Erde würde sich mit gleichmäßig beschleunigter Geschwindigkeit dem Stein nähern, so hätte der Beobachter ganz denselben Eindruck.

Das Relativitätsprinzip sagt uns, der Beobachter sei auf keine Weise imstande, zu entscheiden, was richtig ist, denn sonst wäre er ja berechtigt, ein Urteil über die absolute Ruhe der Erde auszusprechen.

Ersetzen wir nun den Stein durch einen Lichtstrahl, welcher sich gegen die Erde bewegt, so muß gleiches gelten. Es darf nicht möglich sein, zu entscheiden, was sich wirklich bewegt, die Erscheinung muß so verlaufen, daß nur die relative Bewegung maßgebend ist. Daraus folgt das interessante Resultat, daß dem Lichtstrahl nicht nur, wie oben angegeben, eine träge Masse zukommt, sondern genau dem Galileischen Satz von der Identität von träger und schwerer Masse entsprechend ein Gewicht, derart, daß, wenn wir 1 cbm Sonnenlicht auf die Wage legen könnten, etwa eingeschlossen in einem spiegelnden Hohlraum, derselbe sich wie ein Gewichtsstück von 53 Quadrilliontel Kilogramm verhielte, d. h. von der Erde mit einer Kraft von $53 \cdot 9{,}81$ Quadrilliontel Dezimegadynen angezogen würde. Dementsprechend läßt sich eine geringe Verschiebung der Spektrallinien von der Sonne kommende Strahlen gegen das rote Ende des Spektrums hin beobachten, gegenüber den Spektrallinien gleichartiger Stoffe auf der Erde, wie wenn die Schwingungszahl um 2 Milliontel abgenommen hätte, da die Wellen des Sonnenlichts durch die beschleunigte Bewegung gegen die Erde auseinandergezogen, also verlängert werden.

Ein von einem Fixstern an der Sonne vorbeigehender Lichtstrahl muß durch die Gravitationskraft der Sonne eine Ablenkung von 0,83 Bogensekunden erfahren [1], d. h. der Stern müßte um den gleichen Betrag von seinem normalen Orte abgelenkt erscheinen. Am Planeten Jupiter vorbeigehend würde der Strahl eine Ablenkung um 0,02″ erfahren.

Auch die Lichtgeschwindigkeit, welche man früher als eine absolut konstante betrachtete, ergibt sich nach der allgemeinen Relativitätstheorie als veränderlich. In einem Gravitationsfeld, in welchem 1 kg die potentielle Energie Φ Joule besitzt, ist die Lichtgeschwindigkeit $= 3 \cdot 10^8 \left(1 + \frac{\Phi}{9 \cdot 10^{16}}\right)$ Meter pro Sekunde. (Der absolute Wert von Φ ist unbekannt.)

Da nun die Strahlung lediglich aus elektrischen und magnetischen Feldern besteht, die Formen von Energie sind, ist man

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. 38, 355, 1912; 49, 822, 1916. E. Freundlich, Phys. Zeitschr. 15, 369, 1914.

zu dem Schlusse genötigt, daß Trägheit und Schwere Eigenschaften der Energie sind und auch die Elektronen ihre scheinbare träge Masse, von welcher oben die Rede war, lediglich ihren elektrischen und magnetischen Feldern verdanken und daß diese Masse keineswegs eine scheinbare ist, sondern daß ein Elektron wirklich ein Gewicht wie ein Gewichtstück von $1{,}56 \cdot 10^{-30}$ kg besitzt, d. h. von der Erde mit der Kraft $1{,}56 \cdot 10^{-30} \cdot 9{,}81$ Dezimegadynen angezogen wird.

Die Unterscheidung zwischen wägbaren Körpern und Imponderabilien fällt hiermit; die Imponderabilien sind nur deshalb nicht wägbar, weil unsere Wagen nicht hinreichend fein sind. Wäre es z. B. möglich, einen auf der Wage tarierten Konduktor mit 1 Coulomb zu laden, so würde seine Gewichtszunahme 10 Billiontel Kilogramm = 10 Milliontel Milligramm betragen. Eine solche Ladung kann man aber bei weitem nicht herstellen, wie sich schon danach abschätzen läßt, daß ein so geladener Konduktor einen gleichgeladenen im Abstand von 1 Meter mit der Kraft $9 \cdot 10^9$ Dezimegadynen also rund mit einer Kraft gleich der Schwere von einer Million Tonnen beeinflussen würde.

Da die Energieformen ineinander verwandelbar und gleichwertig sind, folgt, daß auch beispielsweise der Wärme und der Bewegungsenergie Schwere zukommt. Die träge Masse von 1 kg Wasser, das man um 1 Grad C. erwärmt, vergrößert sich um 0,0454 Billiontel Kilogramm. Fällt ein Gewichtstück, welches 1 Dezimegadyne wiegt, 1 Meter herunter, so vergrößert sich seine Masse infolge der angenommenen Geschwindigkeit oder Wucht um $\frac{1}{90000}$ Billiontel Kilogramm. Wäre die Erde in Ruhe, so wäre ihre Masse, wie sich aus dem Gravitationsgesetz ergibt[1], 5,88 Quadrillionen Kilogramm. Infolge der Wucht, welche sie wegen ihrer Bewegung um die Sonne besitzt, kommt dazu noch der Betrag von 0,03 Trillionen Kilogramm. Nach dem Relativitätsprinzip ist die träge, also auch die schwere Masse eines Körpers nicht nur von seiner Geschwindigkeit v abhängig, sondern auch davon, welchen Winkel die Richtung der beschleunigenden Kraft oder der Schwere mit der der Geschwindigkeit bildet. Ist dieser Winkel Null, so ist die

[1] Siehe O. Lehmann, Leitfaden der Physik, S. 22, § 18.

Masse $\frac{m_0}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^3}}$, wenn m_0 die Ruhemasse und c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet. Diese Masse nennt man longitudinale Masse. Beträgt aber der Winkel 90°, so ist die Masse $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.

Diese heißt transversale Masse. Für $v = c$ werden beide unendlich groß. Auch der Wert der kinetischen Energie ist nicht einfach, wie anfangs angenommen, $\frac{1}{2}\, m_0\, v^2$ Joule, sondern $\frac{m_0\, c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0\, c^2 = \frac{1}{2}\, m_0\, v^2 + \ldots$ d. h. sie wird durch eine unendliche Reihe gegeben, deren erstes Glied $\frac{1}{2}\, m_0\, v^2$ ist.[1]

Da in dem Ausdruck die Lichtgeschwindigkeit vorkommt und diese von dem Gravitationsfeld abhängig ist, gilt gleiches auch für die kinetische Energie oder auch für die potentielle Energie, aus der diese entstanden ist; d. h. auch die Gravitationskonstante ist keine absolute Konstante. Würde man z. B. mittelst der Torsionswage die Gravitationskraft zwischen zwei Gewichtstücken bestimmen und nun denselben Versuch auf einem hohen Berge machen, wo das Gravitationsfeld ein anderes ist, so würde man dort einen anderen Wert der Gravitationskonstante finden; denn diese erweist sich der Lichtgeschwindigkeit direkt proportional, ändert sich also im Gravitationsfeld in gleicher Weise wie diese.

Insofern die kinetische Energie auch aus Energie elastischer Spannung hervorgegangen sein könnte, kann man den Schluß auch auf elastische Kräfte übertragen. Würde von den Enden einer elastisch gespannten Schnur das eine sich unten am Berge, das andere oben befinden, so wären die Spannungen trotz des Gleichgewichtes an beiden Stellen nicht (dem Gesetz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung gemäß) gleich und ebensowenig die Dehnungen.

Die Bahnellipse eines Planeten erfährt in der Richtung der Bahnbewegung, wie das Relativitätsprinzip beweist, eine lang-

[1] In der früheren Abhandlung diese Verh. **23**, 72, 1900 ist $m_0\, c^2$ auf die rechte Seite gesetzt. Dies entspricht der Nullpunktsenergie, so daß der eigentliche Wert der kinetischen Energie $\frac{m_0\, c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ist.

same Drehung im Betrage $\varepsilon = 24\,\pi^3 \frac{a^2}{T^2\,c^2\,(1-e^2)}$ pro Umlauf, wenn a die große Halbachse, c die Lichtgeschwindigkeit, e die Exzentrizität und T die Umlaufszeit in Sekunden ist. Für den Merkur beispielsweise ergibt diese Drehung die Perihelbewegung zu 43″ pro Jahrhundert, wie bereits früher beobachtet worden war, aber nicht erklärt werden konnte.

Wenn nun Trägheit und Schwere Eigenschaften der Energie sind, so entsteht, nachdem oben nachgewiesen wurde, daß die Atome selbst beim absoluten Nullpunkt noch Energie besitzen, die Frage, welcher Bruchteil der Atommasse dem Energieinhalt der Atome zuzuschreiben ist.

Schon Ostwald [1] dachte aus andern Gründen daran, die Galileische Masse sei nicht das eigentlich Reale, sondern die Energie, oder Materie und Energie seien eigentlich dasselbe, etwa entsprechend W. Thomsons Wirbelatomtheorie [2], nach welcher die Atome Stellen des Äthers wären, wo sich Bewegungsenergie in Form von Wirbelringen angehäuft hat, eine Hypothese, die insofern mit dem obigen Ergebnis, daß der Äther nicht in Bewegung gesetzt werden kann, vereinbar ist, als Atome nicht künstlich geschaffen werden können. Die thermochemischen Gleichungen, z. B. der Ansatz des Wasserstoff + Sauerstoff = Wasserstoff + Verbrennungswärme machen allerdings den Eindruck, als ob Materie sich auch in Wärmeenergie umwandeln könnte.

W. Wien [3] zog bereits die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik in Betracht auf Grund der Annahme, das als Materie bezeichnete Substrat bestehe lediglich aus positiven und negativen elektrischen Quanten, d. h. Konvergenzpunkten elektrischer Kraftlinien. Lenard [4], welcher einen Einblick in die Struktur der Atome zu gewinnen suchte, indem er die Stoffe von Kathodenstrahlen durchdringen ließ, kam zu dem Ergebnis: „Was wir in dem von ihr (der Materie) eingenommenen Raume gefunden haben, waren nur Kraftfelder, wie sie sich auch im freien Äther ausbilden können. Was sind dann jene Grundbestandteile aller Atome, auf welche wir durch das Massengesetz der Kathoden-

[1] W. Ostwald, Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 305, 1895.
[2] Siehe O. Lehmann, Molekularphysik **2**, 364, 373 u. ff., 1889.
[3] W. Wien, Ann. d. Phys. **5**, 507, 1901.
[4] P. Lenard, Über Kathodenstrahlen, Leipzig 1906, 36.

strahlenabsorption geführt wurden? Offenbar ebenfalls nur Kraftfelder wie die ganzen Atome."

Die radioaktiven Erscheinungen, speziell die Wärmeentwicklung beim Zerfall des Radiums und die enormen Geschwindigkeiten, mit welchen α- und β-Teilchen fortgeschleudert werden, weisen darauf hin, daß ungeheuere Energievorräte in den Atomen vorhanden sein müssen, deren Trägheit und Schwere vollkommen die Trägheit und Schwere der Atome erklärt.

Auch meine Untersuchungen über die molekularen Richtkräfte bei flüssigen Kristallen führten zu der Auffassung, daß es sich wohl lediglich um magnetische Wirkungen kreisender Elektronen handelt [1], wobei allerdings, da kreisende Elektronen nach den Maxwellschen Gleichungen Strahlung aussenden, angenommen werden müßte, daß immer zwei Elektronen einander diametral gegenüberstehen, so daß ihre Strahlungen sich durch Interferenz vernichten.

Eine präzise Berechnung, welcher Energiebetrag von den Atomen nicht ausgestrahlt werden kann und ihnen als verborgene „latente Energie" oder „Nullpunktsenergie" auch beim absoluten Nullpunkt zukommt, ist auf Grund der Energiequantentheorie zuerst von M. Planck [2] gegeben worden. Er findet, daß sie pro Freiheitsgrad der Atome ein halbes Energiequant beträgt. Es hindert nichts anzunehmen, sagt er, „daß innerhalb der chemischen Atome gewisse stationäre Bewegungsvorgänge von der Art stehender Schwingungen stattfinden, die mit keiner oder nur unmerklicher Ausstrahlung verbunden sind. Die Energie dieser Schwingungen, welche sehr bedeutend sein kann, würde sich dann, solange die Atome unverändert bleiben, auf keine andere Weise verraten als durch die Trägheit, welche sie einer translatorischen Beschleunigung des schwingenden Systems entgegensetzt, und durch die offenbar damit in engen Zusammenhang stehende Gravitationswirkung". . . „Diesen Energievorrat, der dem Körper bei Null Grad absolut verbleibt und dem gegenüber alle in den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Prozessen vorkommenden Wärmetönungen minimal sind, wollen wir hier als die „latente Energie" des Körpers bezeichnen. Die latente Energie ist von der Temperatur und von den Be-

[1] O. **Lehmann**, Die neue Welt der flüssigen Kristalle, Leipzig 1911, 346. Vgl. dazu M. **Born**, Sitzb. d. Berl. Akad. **30**, 614, 1916.

[2] M. **Planck**, Sitzb. d. Berl. Akad. 1907, 542.

wegungen der chemischen Atome ganz unabhängig, ihr Sitz ist also innerhalb der chemischen Atome zu suchen."

Setzt man, wie früher[1] berechnet, die Zahl der Wasserstoffatome in 1 kg $= 640 \cdot 10^{24}$ (Nernst gibt sie zu $617 \cdot 10^{24}$ an) und das Gewicht von 1 Energiequant[2] $= 0{,}72 \cdot 10^{-48} \cdot \nu$, so hätte man die Gleichung $640 \cdot 10^{24} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0{,}72 \cdot 10^{-48} \cdot \nu = 1$, woraus folgt $\nu = \frac{1}{230{,}4} \cdot 10^{24}$ als Schwingungszahl oder sekundliche Umlaufszahl der Elektronen in einem Wasserstoffatom.[3]

Setzt man die Wellenlänge gewöhnlicher Röntgenstrahlen, wie früher berechnet[4] $= 60 \cdot 10^{-12}$ Meter, also ihre Schwingungszahl $\nu = \frac{3 \cdot 10^{8}}{60 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{20} \cdot 10^{20}$, so folgt, daß die Elektronen im Wasserstoffatom noch etwa 1000 mal rascher schwingen oder kreisen, als zur Erzeugung solcher Röntgenstrahlen nötig wäre.

An anderer Stelle[5] sagt Planck: »Dieser von der Temperatur unabhängige Energierest gehört also zur ‚latenten' Energie, welche nicht zur Wärmekapazität, wohl aber zur trägen Masse beiträgt und auch die Quelle der radioaktiven Wirkung bildet.«

Nimmt man mit Debye den Bahnradius der Elektronen im Wasserstoffmolekül zu $0{,}5 \cdot 10^{-10}$ Meter an, so ergäbe sich deren Periphericgeschwindigkeit $= 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1}{230{,}4} \cdot 10^{24} = 1{,}36 \cdot 10^{12}$ $= 1{,}36$ Billionen Meter pro Sekunde. Dies steht im Widerspruch mit den Maxwell'schen Gleichungen, welchen zufolge die Geschwindigkeit höchstens die Lichtgeschwindigkeit d. h. $3 \cdot 10^{8}$ Meter pro Sekunde sein kann. Die Quantentheorie verzichtet aber auf Anwendbarkeit der Maxwell'schen Gleichungen im Innern der Atome. Mit der Tatsache, daß aus radioaktiven Stoffen Elek-

[1] O. Lehmann, diese Verh. **25**, 71, 1913.

[2] O. Lehmann, diese Verh. **24**, 287, 1912.

[3] Nach P. Debye, Sitzb. d. Münch. Akad. 1915, ist im Wasserstoffmolekül der Abstand der Elektronen vom Umlaufszentrum $0{,}5 \cdot 10^{-8}$ cm, die Winkelgeschwindigkeit $= 4{,}214 \cdot 10^{16}$ sec^{-1}.

Nach W. Nernst, Ber. d. D. phys. Ges. **18**, 83, 1916, ist der Radius der Bahn der negativen Elektronen im Wasserstoffmolekül $= 0{,}17 \cdot 10^{-10}$ cm, ihre Umlaufszahl $4{,}07 \cdot 10^{19}$, der Radius der Bahn der positiven Ionen $0{,}64 \cdot 10^{-13}$ cm, ihre Umlaufszahl $0{,}75 \cdot 10^{23}$ pro Sekunde, also von ähnlicher Größenordnung, wie oben angegeben.

[4] Siehe O. Lehmann, diese Verh. **25**, 93, 1913.

[5] M. Planck, Ann. d. Phys. **37**, 653, 1912.

tronen mit einer Geschwindigkeit von 100 Millionen Metern pro Sekunde und mehr herausfahren können, befindet sich die Annahme so großer Umlaufsgeschwindigkeiten der Elektronen in den Atomen in befriedigender Übereinstimmung.

Fassen wir das Ergebnis unserer Betrachtungen zusammen, so läßt sich sagen, daß die alte von Galilei begründete Anschauung, welche als das wirklich Existierende, völlig Unveränderliche, die Masse des Stoffs betrachtet hat, die sich zusammensetzen soll aus Atomen, heute nicht mehr haltbar ist, sondern bedeutender Abänderung bedarf. Das eigentlich Existierende sind die Energie und ihr Substrat, die elektrischen und magnetischen Felder, die auch im leeren Raume existieren können ohne Vorhandensein elektrischer und magnetischer Massen. Letztere erscheinen überhaupt nur als Endigungen oder Konvergenzpunkte der die Felder bildenden Kraftfäden. Ein Äther, welcher früher als Träger der Kraftfelder gedacht wurde, existiert wahrscheinlich nicht; jedenfalls ist seine Annahme überflüssig, er scheidet bei den Berechnungen vollständig aus. Er kann nicht einmal dazu beigezogen werden, eine anschauliche verständliche Vorstellung von den Kraftfeldern zu gewinnen. Die Beschreibung muß sich darauf beschränken, quantitative Beziehungen zwischen den auftretenden Änderungen in Raum und Zeit zu geben, welche nur dann zutreffend sein können, wenn sie sogenannten Lorentztransformationen gegenüber kovariant sind, was die Unabhängigkeit der Erscheinungen von der absoluten Geschwindigkeit bedeutet. Träge Masse und Schwere, welche die alte Theorie als die Grundeigenschaften der Atome betrachtete, d. h. der materiellen Substanz, aus welchen diese bestehen, sind in Wirklichkeit Eigenschaften der in den Atomen enthaltenen Energie. Nur infolge der kreisenden Bewegung der Elektronen in den Atomen, welche auch noch beim absoluten Nullpunkt stattfindet, besitzen diese Trägheit und Schwere. Auch der schwerste Stoff würde sein Gewicht vollkommen verlieren, wenn diese kreisende Bewegung aufhörte. Sie ist ebenso auch die Ursache der molekularen Richtkraft der Kristallmoleküle, sowie der als Elastizität und Kohäsion bezeichneten molekularen Kräfte und auch der chemischen Affinität. Die chemische Verbindungswärme ist sichtbar gewordene Nullpunktsenergie der Atome, d. h. sie entsteht aus der Energie der kreisenden Bewegung der Elektronen infolge Veränderung der Um-

laufszahl und ebenso entsteht aus dieser die Wärme, die beim radioaktiven Zerfall der Atome auftritt, sowie die Strahlung.

Es ist nicht zu leugnen, daß auch diese neue Anschauung in mancher Hinsicht nicht befriedigend ist. Um sie mit den Erfahrungen in Übereinstimmung zu bringen, war Einführung der Energiequantentheorie nötig, welche Verzicht auf das Fundamentalgesetz der kinetischen Gastheorie (betreffend die gleichmäßige Energieverteilung) und auf die Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen im Innern der Atome nötig machte. Sie gestattet nicht unendliche Teilbarkeit der Energie, wie sie die Maxwellschen Gleichungen voraussetzen und muß auch annehmen, daß die nach den genannten Gleichungen unausbleibliche Ausstrahlung der Atome beim absoluten Nullpunkt in Wirklichkeit unmöglich ist.

Nernst[1] glaubt über alle diese Schwierigkeit hinwegzukommen durch Hinzufügung einer einzigen weiteren Hypothese, daß nämlich dem leeren Raum (dem Äther) ebenfalls Nullpunktsenergie zukomme in Form von Strahlung, die denselben beständig durchkreuzt, auch bei Abwesenheit materieller Stoffe, die Strahlung aussenden. Diese Nullpunktsstrahlung besteht aus Strahlen aller möglichen Schwingungszahlen und besitzt solche Intensität, daß sich die Nullpunktsenergie der Atome mit ihr im Gleichgewicht befindet. Die Atome können ihre Nullpunktsenergie nicht ausstrahlen, weil sie in solchem Falle sofort wieder eine ebenso große Menge Strahlungsenergie aus dem Äther absorbieren würden. Die Dichte der Nullpunktsstrahlungsenergie des Äthers muß ungeheuer groß angenommen werden, nämlich zu 15 000 Trillionen Joule pro cbm, was nach obigem einer Massendichte von 166 000 kg pro cbm oder einem spezifischen Gewicht von 166 gleichkommt. Der Äther, den man früher als ein äußerst feines Medium betrachtete, würde sich somit, wenn wir ein Stück davon wägen könnten, als die weitaus schwerste Substanz erweisen, etwa 15 mal so schwer als Blei, die Atome wären minder dichte Stellen des Äthers. Nichtsdestoweniger bewegen sich die größten Himmelskörper durch diese dichte Masse mit ungeheueren Geschwindigkeiten, ohne den geringsten Widerstand zu finden; wir bemerken auch keinerlei Druck, da die Gravitationskräfte der Ätheratome nach allen Rich-

[1] W. Nernst, Ber. d. D. phys. Ges. **18**, 83, 1916.

tungen wirken. Daß die Ätheratome nicht zusammenfallen, erklärt Zehnder [1] vom Standpunkt der kinetischen Theorie, indem er ihnen Bewegung mit einer der Lichtgeschwindigkeit vergleichbaren Geschwindigkeit zuschreibt; denn würde ein Atom seine Nullpunktsenergie plötzlich in Bewegungsenergie umwandeln, so würde seine Geschwindigkeit gerade Lichtgeschwindigkeit werden, also so, wie wenn es Energie aus dem Äther aufnehmen würde infolge der Stöße der Äthermoleküle, wobei es deren Geschwindigkeit annimmt. Ändert ein Atom seinen Bewegungszustand, so ändert sich nach Nernst auch seine Nullpunktsenergie. Die Stoßgesetze der Atome sind deshalb nicht die gleichen, wie die Stoßgesetze elastischer Körper. Der geringe Wert der spezifischen Wärme in der Nähe des absoluten Nullpunkts erklärt sich dadurch, daß die Atome außer der zugeführten Wärme auch Ätherstrahlung aufnehmen. Hebt man einen Körper, so geht die Arbeit in Ätherstrahlung über, fällt der Körper herunter, so geht Ätherstrahlung in Bewegung über. Das Wesen der Gravitation beruht also in der Nullpunktsstrahlung des Äthers. In analoger Weise erklären sich alle Formen von potentieller Energie, also auch die molekularen Kräfte wie Elastizität, Kohäsion und chemische Affinität, deren Verschiedenheit nur auf Verschiedenheit der in Betracht kommenden Schwingungsvorgänge beruht. Die chemische Verbindungswärme wird der Nullpunktsstrahlung entnommen, weil sich die Schwingungsdauer ändert usw.

Wir hätten hiernach in dem leeren Raum einen unerschöpflichen Vorrat von Energie, und zwar sehr wertvoller Energie, weil sie wie andere Strahlung freie Energie ist, also vollständig in mechanische Arbeit umgesetzt werden kann, nicht nur teilweise wie die Wärme. Wegen der Erschöpfung der Kohlenvorräte und der verfügbaren Wasserkräfte brauchten wir darum nicht besorgt zu sein, falls nur ein Mittel zur Verfügung stände, ohne Verbrauch teurer Materialien, wie es z. B. das Pulver der Kanonen ist, die Nullpunktsernergie in Bewegungsenergie verwandeln, oder wie die Nahrungsmittel, welche Organismen befähigen, Nullpunktsenergie in Muskelarbeit umzusetzen, dem Äther einen Teil seines Energievorrats zu nützlichen Zwecken zu entziehen. Vielleicht gibt es aber einen vierten Hauptsatz, der aussagt, daß diese Verwertung der Ätherenergie ohne kostspieligen Aufwand unmöglich ist und so die erwünschten Aussichten zerstört.

[1] L. Zehnder, Ber. d. D. phys. Ges. 18, 181, 1916.

Die eigentümlichen Bewegungserscheinungen bei flüssigen Kristallen, welche durch direkte Umsetzung von chemischer Energie in mechanische entstehen[1] (wie die Bewegungen der Organismen), hätten ihren Grund ebenfalls in der Nullpunktsstrahlung des Äthers, ebenso wie die molekularen Richtkräfte, welche die Kristallstruktur bedingen.

Nernst selbst spricht sich über diese Punkte nicht aus und gibt auch seine Hypothese mit allem Vorbehalt. Ich glaubte aber doch darauf hinweisen zu sollen, denn wenn auch die neuere Physik, wie aus dem Dargelegten hervorgeht, mit den alten Vorstellungen von dem Unterschied der wägbaren Massen und der Imponderabilien und den einfachen Vorstellungen über die Natur der Wärme gründlich aufgeräumt hat, so sind wir doch von einer völlig befriedigenden exakten Beschreibung der Naturvorgänge anscheinend noch sehr weit entfernt; es bedarf weiterer intensiver Forschungsarbeit, um klar festzustellen, welches die unveränderlichen Dinge sind, die wir als das wirklich Existierende zu messen und unseren Berechnungen zugrunde zu legen haben.

Auch andere Fragen harren der Lösung: Was wird aus der Strahlung, die von den Himmelskörpern ausgeht, breitet sie sich in die Unendlichkeit immer weiter aus oder existiert ein begrenzter Äther, an dessen Oberfläche sie reflektiert wird? Muß wirklich die Welt den Wärmetod erleiden oder gibt es Vorgänge, die verhindern, daß die Entropie dieses Maximum erreicht? Geht der radioaktive Zerfall der Atome immer weiter, und warum sind, wenn die Welt seit unendlicher Zeit besteht, nicht bereits alle Atome zerfallen? Bezüglich der letzteren Frage ist Nernst der Ansicht, daß sich mit der Zeit wahrscheinlich alle materiellen Atome in Ätheratome auflösen, daß es aber auch Vorgänge gibt, bei welchen sich aus Äther plötzlich wieder neue materielle Atome bilden, etwa so wie sich Arrhenius vorstellt, daß der Wärmetod der Welt durch Bildung neuer Himmelskörper verhindert werde, da entgegen dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik die Entropie unter Umständen auch von selbst kleiner werden könne. Vorläufig hat sich aber der zweite Hauptsatz stets als richtig erwiesen, es liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, und auch bezüglich der Rückbildung von Atomen fehlen uns jegliche Erfahrungen.

[1] O. Lehmann, Ann. d. Phys. **48**, 177, 1915.

Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

27. Band. 1917—1921

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1922

Inhaltsverzeichnis.

Berichte.

Abhandlungen.

Bericht

über die

Tätigkeit des naturwissenschaftlichen Vereins

vom 16. März 1916 bis 29. Oktober 1920 erstattet vom Vorsitzenden Prof. Dr. O. Lehmann und vom 12. November 1920 bis 29. April 1921 vom derzeitigen 1. Schriftführer Prof. Dr. M. Auerbach.

Durch seine Erkrankung war unser sonst sehr pflichttreuer und gewissenhafter, nunmehr verstorbener Schriftführer Herr Professor Dr. Schultheiß verhindert, regelmäßige Aufzeichnungen über die Vereinstätigkeit in den letzten Jahren zu machen. Ich war bemüht, aus den Notizen, die sich in seinem Nachlaß fanden und solchen, die ich mir selbst gemacht hatte, den von den Satzungen geforderten Bericht über die Vereinstätigkeit zusammenzustellen und glaube, daß er im wesentlichen zutreffend sein wird.

1916.

Der letzte von Schultheiß selbst erstattete Bericht, welcher im 26. Bande der Verhandlungen abgedruckt ist, erstreckte sich noch auf die 786. Sitzung vom 14. Februar 1916, in welcher Herr Geheimrat Prof. Dr. O. Lummer, Direktor des physikalischen Instituts der Breslauer Universität auf Einladung seitens des Vereins über »Verflüssigung der Kohle« berichtet hat. Seitdem ist infolge des Krieges nicht nur beim naturwissenschaftlichen, sondern auch bei anderen Vereinen das Bedürfnis nach Abhaltung von Sitzungen immer mehr zurückgegangen, da die Zahl der Mitglieder, welche die Möglichkeit hatten, daran Teil zu nehmen oder Vorträge zu halten, sich immer mehr verminderte und die durch den Krieg geschaffene schwierige Lebenslage die ganze

Aufmerksamkeit und Kraft in Anspruch nahm. So sahen sich denn die verschiedenen verwandten wissenschaftlichen Vereine veranlaßt, sich näher zusammenzuschließen in der Art, daß gemeinsame Sitzungen veranstaltet wurden oder gegenseitige Einladungen erfolgten. Abweichend von der bisherigen Gepflogenheit werde ich deshalb im folgenden auch solche nicht von seiten des Vereinsvorstandes veranlaßten Sitzungen als eigentliche Vereinssitzungen numerieren, da sonst ein ganz unrichtiges Bild des Vereinslebens entstände. Die einladenden Vereine werden aber jeweils genannt werden.

787. **Sitzung** vom 16. März abends 8 Uhr auf Einladung des Oberrheinischen elektrotechnischen Vereins im Saale III der Brauerei Schrempp. Herr Dr.-Ing. Halbertsma von der Elektrizitätsgesellschaft m. b. H. Dr.-Ing. Schneider & Co. in Frankfurt a. M. hielt einen Vortrag über »Fehlerhafte elektrische Beleuchtungsanlagen«.

788. **Sitzung** auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zur »Erläuterung des Murgwerks« seitens der Herren Oberbaurat Hauger und Oberbauinspektor Schuler in Forbach am 31. Mai. Daran schloß sich eine Besichtigung der damals noch im Bau befindlichen Anlagen an, nämlich: 1. der Wehranlage für das Ausgleichsbecken bei Forbach, 2. der Tiefbauarbeiten für das Niederdruckwerk, 3. der Hochbauarbeiten für das Schalt- und Transformatorenhaus, 4. der Tiefbauarbeiten für das Krafthaus, 5. des Wasserschlosses, 6. des anschließenden Stollens. Ferner war noch Gelegenheit gegeben zur Besichtigung der Wehranlagen für das Sammelbecken bei Kirschbaumwasen.

789. **Sitzung**, gemeinsam mit der chemischen Gesellschaft am 23. Juni im kleinen Hörsaal des chemischen Instituts der Technischen Hochschule. Herr Dr. Walter Fraenkel aus Frankfurt a. M. hielt dabei einen Vortrag über »Metallische Verfestigung und Ersatz des Kupfers durch Zink«.

790. **Sitzung** am 19. Juli auf Einladung des Oberrh. Elektrotechnischen Vereins im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule zum Vortrag des Herrn Professor Richter über »Elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium, Zink und Eisen«.

791. Sitzung am 20. Juli im kleinen chemischen Auditorium der Technischen Hochschule. Der Vorsitzende O. Lehmann erstattete Bericht über die neueren Forschungen betreffs »Nullpunktsenergie und Gravitation«.

792. Sitzung am Montag den 20. November auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Vortrag des Herrn Geh. Hofrat Professor E. A. Brauer über »Graphische Ermittelung der Flugbahn von Geschossen« im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung.

793. Sitzung am Freitag den 24. November im großen Hörsaal für Physik in der Technischen Hochschule. Der Vorsitzende O. Lehmann berichtet über »Elektrisiermaschinen, insbesondere über Staudigls Influenzmaschine« mit zahlreichen Lichtbildern, Experimenten und Ausstellung historischer Maschinen.

794. Sitzung. Auf Samstag den 25. November wurde der Verein vom Oberrh. Elektrotechnischen Verein eingeladen zum Vortrag des Herrn Oberingenieur Büggeln in Stuttgart über »Die Teilnahme des Staates an der öffentlichen Elektrizitätsversorgung unter besonderer Berücksichtigung der jüngsten Vorgänge in Württemberg« im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

795. Sitzung. Zu Mittwoch den 6. Dezember lud uns der Badische Ingenieur- und Architektenverein ein zu einem Vortrag des Herrn Geheimrat Dr.-Ing. Baumeister über »Krieger-Heimstätten« im Konkordiasaal des Moninger-Restaurants.

796. Sitzung. Auf Montag den 11. Dezember wurden wir vom Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure eingeladen in das Schloßhotel zu einem Vortrag des Herrn Betriebsdirektors Dipl.-Ing. K. Eglinger über »Die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Karlsruher Gaswerke (mit Vorführung von Lichtbildern).

1917.

797. Sitzung. Montag den 5. März sprach in gemeinsamer Sitzung des Naturwissenschaftlichen Vereins und des Badischen Architekten- und Ingenieurvereins im großen Hörsaal des chemi-

schen Instituts Herr Professor Dr. Sauer, Rektor der Technischen Hochschule in Stuttgart über »Die Mineralschätze Deutschlands und ihre Bedeutung für den Weltkrieg«.

798. Sitzung. Auf Montag den 12. März wurden wir vom Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure eingeladen zu einem Vortrag des Herrn Dr. Spethmann, Privatdozent an der Universität Berlin, über »Unsere Kriegsschauplätze« im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule.

799. Sitzung. Auf Montag den 16. April erhielten wir eine Einladung desselben Vereins zu einem Vortrag des Herrn Direktor Dr. Döderlein in der Arche im Restaurant Moninger über »Lehrbetriebe für Industriearbeiter«.

800. Sitzung. Auf Samstag den 28. April wurden wir vom Oberrh. Elektrotechnischen Verein eingeladen zu einem Vortrag des Herrn Oberingenieur Büggeln aus Stuttgart über »Die Gewinnung von Nebenerzeugnissen bei der Kohlenversorgung, ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und ihre Bedeutung für die öffentliche Elektrizitätserzeugung« im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

801. Sitzung. Auf Montag den 7. Mai lud uns der Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure ein zu einem Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. F. Zürn, Fabrikdirektor in Gelsenkirchen, über »Unwirtschaftliche industrielle Werke, insbesondere Maschinen-, Dampfkessel-Fabriken und Brückenbauanstalten«, mit Lichtbildervorführung im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule.

802. Sitzung. In unserer Sitzung vom 15 Juni im großen Hörsaal des chemischen Instituts sprach Herr Hofschauspieler Paul Paschen über »Wirkungsweise und Mißbrauch des menschlichen Stimmorgans«.

803. Sitzung, gemeinsam mit der Chemischen Gesellschaft am 13. Juli im großen Hörsaal des chemischen Instituts. Herr Privatdozent Dr. Fajans berichtete über »Neuere Forschungen über die Beziehungen zwischen chemischen Elementen«.

—

804. Sitzung. Freitag den 9. November fand im kleinen Hörsaal des physikalischen Instituts die Mitglieder-Hauptversammlung statt, in welcher der Schriftführer und der Rechner Bericht erstatteten und der bisherige Vorstand wiedergewählt wurde. Sodann erfolgten kleinere Mitteilungen.

805. Sitzung. Auf Mittwoch den 14. November wurden wir vom Badischen Architekten- und Ingenieurverein eingeladen zu einem Vortrag des Herrn Oberbaurat Rehbock im großen Hörsaal des chemischen Instituts über »Die Verwertung von Modellversuchen für Aufgaben des praktischen Wasserbaues«.

806. Sitzung. Freitag den 14. Dezember hielt der Vorsitzende O. Lehmann im großen Hörsaal des physikalischen Instituts einen Vortrag über »Die Arbeiten von Werner Siemens und der Weltkrieg« mit Lichtbildern.

1918.

807. Sitzung. Freitag den 1. Februar begannen die Sitzungen des neuen Jahres mit einem Vortrag des Vorsitzenden O. Lehmann über »Flüssige Kristalle und E. Haeckels Kristallseelen« mit Lichtbildern und kinematographischen Vorführungen im großen Hörsael des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule.

808. Sitzung. Auf Montag den 13. Mai wurden wir vom Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure eingeladen zu einem Vortrag des Herrn Oberingenieurs Ferd. Katz in Mannheim über »Alte und neue Wege und Vorschläge für eine bessere Verwertung der Brennstoffe« im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule.

809. Sitzung. Montag den 10. Juni erhielten wir eine Einladung desselben Vereins zu einem Vortrag des Herrn Gewerbeinspektors Regierungsbaumeister Emele über den »Aufbau der badischen Industrie« mit zahlreichen Lichtbildern.

810. Sitzung. Auf Donnerstag den 25. Juni lud uns der Oberrh. Elektrotechnische Verein ein zu einem Vortrag des Herrn Baurat Landwehr im großen Hörsaal des elektrotechnischen

Instituts der Technischen Hochschule über »Das Murgwerk, einschließlich Elektrizitätsversorgung Badens«, sowie zu der am 27. Juli stattfindenden Besichtigung des Murgwerks speziell des Hoch- und Niederdruckwerkes und des Schalt- und Transformatorenhauses in Forbach, welche Anlagen damals besonderes Interesse boten, weil die Generatoren noch nicht eingekapselt und die Transformatoren noch nicht an Ort und Stelle aufgestellt waren.

811. Sitzung. Auf Montag den 7. Oktober wurden wir vom Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure eingeladen zu einem Vortrag des Herrn Gewerbeinspektors Regierungsbaumeister Emele im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule über »Die Gewerbeaufsicht und Schutzmaßnahmen für Arbeiter in gewerblichen Betrieben«.

812. Sitzung. Mitglieder-Hauptversammlung vom 6. Dezember im großen Hörsaal des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule. Der Vorsitzende O. Lehmann gedachte zunächst des Ablebens des Vereins-Schriftführers, des Herrn Professor Dr. Schultheiß, welcher am 10. Oktober 1918 im Alter von 58 Jahren infolge eines Krebsleidens im Krankenhaus hier gestorben ist. Er führte etwa folgendes aus: Zu Nürnberg geboren und als Mittelschullehrer ausgebildet war Schultheiß 1886 als wissenschaftlicher Assistent bei dem hiesigen Zentralbüro für Meteorologie und Hydrographie eingetreten. Im gleichen Jahre noch wurde er Mitglied des Naturwissenschaftlichen Vereins, dem er also 32 Jahre lang angehört hat. Seit 1890 hielt er auch meteorologische Vorlesungen an der Hochschule für die Forstabteilung. Im Jahre 1896 wurde ihm der Titel Professor erteilt, 1901 wurde er zum wissenschaftlichen Hilfsarbeiter bei der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues und später zum Landesmeteorologen ernannt, auch durch Verleihung des Ritterkreuzes I. Klasse vom Zähringer Löwenorden ausgezeichnet. Seit 19 Jahren war ihm das arbeitsreiche Amt des Schriftführers unseres Vereins übertragen, zwei Jahre später auch das Amt des Herausgebers der Chronik und der Verhandlungen des Vereins und bald auch das des Bibliothekars. Seine außerordentlich gewissenhafte und emsige Tätigkeit im Interesse des Vereins, die oft ungemein

zeitraubend und anstrengend war, verdient größte Anerkennung. Dem habe ich auch im Namen des Vereins bei der Beerdigung im hiesigen Krematorium in einer Ansprache an die Trauerversammlung unter Niederlegung eines Kranzes Ausdruck verliehen.

Seit Schluß des gedruckten Berichtes in Band 26 (1916) hat der Verein ferner die folgenden Mitglieder durch Ableben verloren: v. Babo, Behm, Bürgin, Hafner, Kux, Molitor, Pezold, Riehm, Staudigl, Wagner, Ziegler. Ausgetreten sind die Herren: v. Bodman, Genter, Glockner, Mikuschka, Lautenschläger, Neumann, v. Racknitz, Rösch, Schmidt, Thoma. Eingetreten: Kistner und Näbauer. Demgemäß beträgt die Mitgliederzahl zur Zeit 196.

Die Vereins-Bibliothek wurde dem Beschlusse der Haupt-Mitgliederversammlung gemäß am 12. November 1918 der Bibliothek der Hochschule übergeben einschließlich der Vorräte an Berichtsheften und der auf den Leih- und Tauschverkehr sich beziehenden Aktenbände und Adressenlisten. Durch Schreiben vom 3. Dezember 1918 erklärte sich die Bibliotheksdirektion ausdrücklich bereit, auch den Schriftenverkehr des Vereins ganz zu übernehmen mit dem Vorbehalt, daß ihr gestattet sei, mit Rücksicht auf den bestehenden Mangel an Personal die Prüfung der Verzeichnisse auf spätere Zeit zu verschieben und nur nach und nach durchzuführen; ferner daß die Kosten für Porto und Packmaterial, sowie für Bezahlung einer Hilfskraft, die die Verteilung an die in Karlsruhe wohnenden Mitglieder besorgt, vom Verein getragen werden. Die Bücher verbleiben zunächst in dem Raum in der Technischen Hochschule, in welchem sie bisher verwahrt wurden, doch behält sich die Bibliotheks-Direktion hierin freie Entscheidung vor.

Betreffend den Betrieb der Erdbebenstationen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Durlach und Freiburg i. B. habe ich, da der Vorstand derselben Herr Geh. Hofrat Prof. Dr. Haid andauernd durch schwere Erkrankung gehindert war, sich desselben anzunehmen, den Direktor der Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg Herrn Geheimrat Prof. Dr. Hecker gebeten, die Instrumente insoweit zu demontieren, daß keine Beschädigung derselben eintreten könne. Dies ist auch in Durlach am 27. Juni 1917 in meinem Beisein unter Beihilfe des Institutsmechanikers Maisenhälder geschehen. Das Uhrwerk des Registrierapparats der Heckerschen Pendel wurde in das physikalische Institut ge-

bracht, um es gegen Verrosten zu schützen. Herr Geh. Rat Hecker machte bezüglich der Freiburger Apparate den Vorschlag, dieselben nach Straßburg zu verbringen, wo er in seiner Werkstätte die veraltete Konstruktion kostenlos durch eine bessere, moderne ersetzen wolle, soweit es unter den durch den Krieg geschaffenen Verhältnissen möglich sei. Nachdem Herr Geh. Hofrat Haid in den Ruhestand versetzt und an seine Stelle Herr Prof. Dr. Näbauer getreten war, habe ich diesem anheimgegeben, sich in der Angelegenheit mit Herrn Hecker zu verständigen. Letzterer machte dabei den weiteren Vorschlag, künftig in der Durlacher Station nur Erdbeben zu registrieren, in der Freiburger dagegen die feineren Beobachtungen über Deformation der Erdrinde und den Einfluß von Sonne und Mond anstellen zu lassen, da hierfür sowohl die Apparate als der Aufstellungsort besser geeignet wären und sich zugleich eine Verminderung der Betriebskosten dadurch erzielen ließe. Ferner teilte er mit, die Hauptstation wäre bereit, im Interesse der Sache die Reduktion der Registrierungen und die Ableitung der Ergebnisse vorzunehmen, was nur von besonders Erfahrenen besorgt werden könne. Der Vereinsvorstand erklärte sich damit einverstanden, vorbehaltlich der Zustimmung der aus den Herren Näbauer (Vorsitzender), Engler, Lehmann und Schwarzmann bestehenden Erdbebenkommission.

An Geschenken erhielt der Verein von Frau Maria Gröner, philosophische Schriftstellerin in Milland bei Brixen in Südtirol zwei ihrer Schriften, nämlich:

1. Wie ist die Darstellung von Schopenhauers Leben, Charakter und Lehre durch Kuno Fischer im 9. Bande seiner Geschichte der neueren Philosophie zu beurteilen? (Gekrönte Preisschrift der Schopenhauer-Gesellschaft 1918.)

2. Rabindranath Tagore, Abhandlung im Archiv für systematische Philosophie von L. Stein, 1916.

Ferner zwei Bücher des philosophischen Schriftstellers G. Wagner in Achern, nämlich:

1. Hamlet und seine Gemütskrankheit, Heidelberg, Verlag G. Weiß 1899.

2. Enzyklopädisches Register zu Schopenhauers Werken, Karlsruhe, G. Braunsche Hofbuchdruckerei und Verlag 1909.

Ich habe den Dank des Vereins ausgesprochen und die Werke der Bibliothek der Technischen Hochschule für unsere Vereinsbibliothek überwiesen, wo sie eingesehen werden können.

Veranlassung zu dieser Schenkung gab eine andere Schenkung, nämlich ein Legat seitens des Verfassers der letztgenannten Werke, des Herrn Gustav Fr. Wagner, welcher am 1. November 1917 in Achern starb und dem Verein die Summe von 12000 Mark in badischen Staatspapieren vermachte mit der Bestimmung, daß alle drei bis vier Jahre aus den aufgelaufenen Zinsen entweder ein Reisestipendium verliehen oder eine wissenschaftliche Arbeit unterstützt oder eine Preisaufgabe gestellt werden soll. Frau Maria Gröner hat als Testamentsvollstreckerin die Papiere auf unser Konto an die Badische Bank überwiesen und der Verein hat die fällige Erbschaftssteuer, nämlich 5 % Reichs- und 25 % Landeszuschlagsteuer im Betrage von 667 Mark (nach vergeblichen Versuchen unter Vermittelung des Unterrichtsministeriums einen Nachlaß zu erhalten) bezahlt.

Bezüglich der Verwendung der ersten Zinsen der Wagnerstiftung, die hiernach am 1. November 1920 oder 1921 fällig sind, hat der Vorstand in seiner Sitzung vom 15. Juli 1918 auf meinen Antrag beschlossen, dieselben mir für Fortsetzung meiner Untersuchungen über flüssige Kristalle zur Verfügung zu stellen, wofür ich meinen Dank ausspreche.

Jedenfalls werden wir stets dem hochherzigen Stifter, der, wie ich erfuhr, zusammen mit Herrn Geh. Oberbaurat Engesser studierte und ein besonderer Freund Sr. Exzellenz des Herrn Steuerdirektors Seubert war, ein dankbares und ehrendes Gedenken bewahren, umsomehr als in der heutigen trostlosen Zeit, die infolge der Teuerung die Ausführung experimenteller Forschungsarbeiten fast unmöglich macht, solche Stiftungen zur Erhaltung der deutschen Wissenschaft hochwillkommen sind.

Es folgte nun der angekündigte Vortrag des Herrn Prof. Dr. Drews über »Schopenhauer als Naturphilosoph«.

1919.

813. Sitzung am 9. Februar im großen Hörsaal des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule. Herr Professor Dr. Otto Roller sprach über »Die Kinderehe im deutschen Mittelalter und deren Einfluß auf das Lebensalter der Bevölkerung«.

814. Sitzung auf Einladung seitens der »Vereinigung technischer Vereine« im großen Saal des Rathauses am 10. Februar. Herr Oberbaurat Dr. R. Fuchs sprach über »Die Stellung des Technikers in der öffentlichen Verwaltung«; daran anschließend die Herren Oberingenieur Büggeln aus Stuttgart, Tiefbauinspektor Bronner und Architekt Schneider.

815. Sitzung. Montag den 3. März im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure. Herr Oberingenieur Droescher berichtete über »Eindrücke aus den rumänischen Erdölfeldern«.

816. Sitzung auf Einladung desselben Vereins im gleichen Hörsaal brachte einen Vortrag des Herrn Obergewerbearztes Dr. Holtzmann über »Psychotechnik der gewerblichen Arbeit«.

Die Einladung des Oberrh. Elektrotechnischen Vereins auf Montag den 28. April in den Konkordiensaal des Moninger zu einem Vortrag des Herrn Wilhelm Briese über »Maschinenversicherung« konnte leider den meisten Mitgliedern nicht mehr rechtzeitig mitgeteilt werden.

817. Sitzung am 15. Mai auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure im großen Hörsaale des elektrotechnischen Instituts. Herr Oberingenieur Böhm berichtete über »Elektrotechnik an der Front«.

818. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure. Herr Dipl.-Ing. R. Eisenlohr hielt einen Lichtbildervortrag über »Der statische Aufbau der Flugzeuge« Donnerstag den 5. Juni, abends 8 Uhr, im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

819. Sitzung am 15. Juni gleichfalls auf Einladung desselben Vereins und im gleichen Hörsaal. Herr Professor Dr. Eberle hielt einen Vortrag über »Fortschritte in der Wärmeausnutzung der Dampferzeugung« mit Lichtbildervorführung.

820. Sitzung. Mitglieder-Hauptversammlung im großen Hörsaal des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule am 11. Juli. Der Vorsitzende O. Lehmann gab bezüg-

lich der Mitgliederbewegung bekannt: Im verflossenen Vereinsjahr verlor der Verein durch Ableben die Mitglieder Henning, v. Göler, Föhlich und Schnebel. Ausgetreten sind die Herren Ludw. Klein, E. Schmidt, v. Babo und Scheele; eingetreten die Herren Friedr. Wolf und Biel. Zu Weihnachten 1918 feierte, wie der von Karlsruhe damals abwesende Vorsitzende erst nachträglich erfuhr, der stellvertretende Vorsitzende Herr Geheimrat Dr.-Ing. h. c. Professor Dr. Hans Bunte seinen 70. Geburtstag. Bei der Feier, welche sich nach den Berichten zu einer schönen Kundgebung der Verehrung, Dankbarkeit und Anerkennung für den Altmeister der chemischen Technologie und des Gasfaches gestaltete, konnte aus dem angegebenen Grunde der Vorsitzende leider nicht auch die Glückwünsche des Naturwissenschaftlichen Vereins zum Ausdruck bringen; er nahm deshalb Veranlassung, bei dieser Gelegenheit auszusprechen, wie sehr der Verein die Lebensarbeit des nun in den Ruhestand tretenden Jubilars schätzt, wie sehr er sich zu Dank verpflichtet fühlt für sein Interesse für den Verein und daß er ihm aufs herzlichste einen schönen Lebensabend wünscht.

Bezüglich der Bibliothek berichtete Herr Bibliotheksdirektor Schmidt: »Der Bestand der in den Besitz der Hauptbibliothek übergegangenen Bibliothek des Naturwissenschaftlichen Vereins wurde, soweit er nicht schon in den Bestand unserer Bibliothek eingearbeitet ist, von mir im Frühjahr d. J. gesichtet und die vorhandenen Schriften, soweit möglich, nach dem Sitze der Vereine geordnet, so daß eine rasche Auffindung gesichert ist. Das Einbinden und Einreihen abgeschlossener Serien wurde fortgesetzt und wird, wie ich hoffe, künftig in beschleunigterem Tempo vor sich gehen können, soweit es die Geschäfte der Hauptbibliothek und deren Personalstand erlauben. Seit Übernahme der Bibliothek des Naturwissenschaftlichen Vereins wurde eine große Anzahl von Bänden katalogisiert, gebunden und eingereiht. Die einzeln eingehenden Heften werden auf Fortsetzungszetteln verzeichnet und deren rechtzeitiger Eingang von uns durch etwaige Reklamationen überwacht. Etwaige Dubletten werden mit den in unseren Beständen vorhandenen verglichen, ehe sie ausgeschieden werden. Vorläufig ist davon eine große Reihe zurückgestellt; ferner wurden einige Dubletten-Bände an die Landesbibliothek zur Vervollständigung ihrer Bestände abge-

geben. Neue Verluste wurden bis jetzt nicht festgestellt. Die bei früheren Benutzungen hervorgetretenen Mißstände werden durch die Neuaufstellung wohl gehoben sein. Der Zugang der Schriften wird auch in einem besonderen Inventar gebucht«.

Bezüglich der Erdbebenstationen teilte deren Vorstand Herr Prof. Dr. Näbauer mit, daß die Heckerschen Horizontalpendel der Freiburger Warte anfangs Februar 1918 ausgebaut und nebst Zubehör an die Hauptstation in Straßburg geschickt wurden. Nachdem inzwischen Straßburg von den Franzosen besetzt wurde und eine Reklamation der Apparate durch Vermittlung der Waffenstillstandskommission ohne Erfolg war, dürfte wenig Hoffnung bestehen, dieselben zurückzuerhalten. Herr Näbauer wird nach Friedensschluß und Herstellung geordneter Beziehungen zu Frankreich weitere Schritte hierzu unternehmen.

Im Dezember 1918 fand eine Sitzung des auf Betreiben des Herrn Herzog, Chefredakteur der Badischen Presse, gebildeten »Rates geistiger Arbeiter« im Rathaus statt, zu welcher auch der Vorsitzende unseres Vereins eingeladen wurde.

Herr Professor Dr. A. Peppler hielt sodann einen Vortrag über »Stromlinien und Luftbahnen, ihre Bedeutung für Luftfahrt und Wettervorhersage«.

821. Sitzung. Vom Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure wurden wir eingeladen zum Vortrag von Frl. Dr. Siquet, Gewerbeinspektorin hier, über »Die Frau als gewerbliche Arbeiterin«, Donnerstag den 2. Oktober 1919, abends 8 Uhr, im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

822. Sitzung. Der Vorsitzende O. Lehmann eröffnete diese erste Sitzung des Wintersemesters am 7. November im geologischen Hörsaal der Technischen Hochschule mit einem kurzen Nachruf für den inzwischen verstorbenen Rechnungsführer des Vereins, Herrn Bankdirektor Gau. Dieser war seit 14 Jahren Mitglied des Vereins und seit Kriegsbeginn Mitglied des Vorstandes. Im Dienste der Rheinischen Kreditbank stand er seit 1885. Im Jahre 1914 wurde er als Direktor in deren Leitung berufen. Durch einen Herzschlag wurde er am 22. September 1919 nachts 11 Uhr, nachdem er zuvor noch einer Sitzung angewohnt hatte, plötzlich mitten aus seiner reichen Tätigkeit abberufen zur größten

Bestürzung seiner Familie, seiner Kollegen und unseres Vereins, der seiner großen Sorgfalt in der Geschäftsführung zu außerordentlichem Danke verpflichtet ist. Direktion und Beamte der Rheinischen Kreditbank, Filiale Karlsruhe, rühmen in einem öffentlichen Nachruf wie er in vorbildlicher Weise seine ganze schöpferische Kraft in den Dienst des Bankinstituts gestellt hat, und wie er durch seinen aufrichtigen und lauteren Charakter und seine persönliche Liebenswürdigkeit in den Herzen aller die ihn kannten, sich ein ehrendes Andenken erworben hatte. In ganz demselben Sinn äußerte sich der Vorsitzende des Vereins bei der Beerdigung, bei welcher er im Namen des Vereins einen Kranz niederlegte.

Außer Herrn Gau verlor der Verein seit seiner letzten Sitzung ein weiteres geschätztes Mitglied, Herrn Eduard Dolletscheck, der in früheren Jahren den Sitzungen häufig anwohnte und durch seine Projektionskunst die Interessen des Vereins förderte. Er war geboren den 29. April 1839 in Wehr als einziges Kind des staatlichen Eisenhüttenverwalters. Vorgebildet am Gymnasium in Konstanz besuchte er die Maschinenbauabteilung der hiesigen polytechnischen Schule und fand dann Anstellung als Münzkontrolleur in der Großh. Münze hier, als welcher er bei Einführung des neuen Münz-, Maß- und Gewichtsystems hervorragend tätig war. Vorübergehend war er auch Probeingenieur in der Metallpatronenfabrik. Auf dringenden Wunsch seines Schwiegervaters Simon Model trat er alsdann in dessen Geschäft als Kaufmann ein, beschäftigte sich aber in seiner freien Zeit mit allen möglichen feinmechanischen Arbeiten, wozu er sich eine vorzüglich ausgestattete Werkstatt einrichtete, z. B. mit der Konstruktion feiner Uhrwerke, Automaten, Rechenmaschinen usw. Ganz besonders aber widmete er sich der Ausgestaltung der Projektionskunst hinsichtlich der Verbesserung der Lichtquellen, der Apparate und der Lichtbilder. In die Kunst des Photographierens war er durch den bekannten Hofopernsänger Josef Staudigl eingeführt worden, über dessen intensive Tätigkeit auf diesem und anderen Gebieten schon früher bei dessen Ableben berichtet worden ist, da er ebenfalls langjähriges Mitglied unseres Vereins war. In selbstloser liebenswürdiger Weise stellte er sein Wissen und Können der Allgemeinheit zur Verfügung und bei den meisten früheren Lichtbildervorträgen war es gewöhnlich Dolletscheck, der mit eigenem

Apparat die Vorführungen besorgte. Von seinem Vater hatte er auch eine besondere Vorliebe für Musik geerbt. Er verstand fast sämtliche Blas- und Saiteninstrumente zu spielen und war Mitglied des Kuratoriums des Konservatoriums für Musik. Daß ihm bei so vielseitiger erfolgreicher Tätigkeit Anerkennung in reichlichem Maße in verschiedenen Formen zuteil wurde, ist natürlich, obschon er sie in seiner Bescheidenheit nicht suchte. In den letzten Jahren war seine Tätigkeit durch Krankheit stark beeinträchtigt, doch konnte er noch in vollkommener geistiger Frische seinen 80. Geburtstag feiern. Am 13. Juli beschäftigte er sich noch mit Reparatur einer Uhr, am 16. Juli entschlief er sanft, um nicht wieder zu erwachen.

Nunmehr hielt Herr Ingenieur Dr. Heinrich Franke einen Vortrag über »Vom Euphrat zum Bosporus, eine Reise durch verlorenes Land« unter Vorführung von 130 an Ort und Stelle selbsthergestellten Lichtbildern.

823. Sitzung. Vom Oberrh. Elektrotechnischen Verein wurden wir eingeladen zum Vortrag des Herrn Professor Dr. J. Teichmüller über »Die Raumwinkel- und Lichtstromkugel und ihre Anwendung beim Entwerfen von Beleuchtungsanlagen« am 24. Oktober 8 Uhr abends im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

824. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Vortrag des Herrn Regierungsrat Bucerius über »Einrichtung einer technologischen Sammlung beim Landesgewerbeamt« am 11. Dezember 8 Uhr im Klubzimmer des Friedrichshof.

825. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Geschichts- und Altertumsvereins zum Vortrag des Herrn Professor A. Kistner über »Luftfahrten in Alt-Karlsruhe« (mit Lichtbildern) am 17. Dezember 8 Uhr im Saal der »Vier Jahreszeiten«.

1920.

826. Sitzung am 23. Januar im geologischen Hörsaal der Technischen Hochschule. Der Vorsitzende O. Lehmann eröffnete diese erste Sitzung des neuen Jahres mit dem Hinweis auf den schmerzlichen Verlust, den der Verein erlitten hat. Durch

das Hinscheiden des Herrn Geheimerat Professor Dr. Haid, welcher dem Verein 37 Jahre hindurch als Mitglied, zeitweise auch als Vorstandsmitglied angehörte und sich nicht nur durch Vorträge aus seinem Fachgebiet verdient machte, sondern durch Einrichtung und Betrieb der Erdbebenstationen in Durlach und Freiburg sich ganz besondere Verdienste um die Forschungstätigkeit des Vereins erworben hat. Er war 1853 in Speyer geboren, wo er auch im 66ten Lebensjahre verstarb, heimgesucht von einer langwierigen Krankheit, die ihn seit 1917 an der Ausübung seines Berufes hinderte. Nach Ablegung der Staatsprüfung im Bauingenieurfach war er zunächst als Assistent und Privatdozent tätig, wurde dann 1882 als außerordentlicher Professor der Geodäsie an unsere Hochschule berufen und 1894 zum Ordinarius und Direktor des geodätischen Instituts ernannt. Im folgenden Jahre wurde er weiter Mitglied des Obereichungsamts und 1900 außerordentliches Mitglied der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues. Zweimal, nämlich 1894/95 und 1901/02 bekleidete er das Amt des Rektors und längere Zeit war er amtlich in Griechenland mit Neuordnung der dortigen Grundbuchverhältnisse beschäftigt. Seine wissenschaftlichen Arbeiten bezogen sich außer auf Geodäsie auf Erforschung der Intensität der Schwerkraft mittels des Pendels, um auf diesem Wege Massendefekte im Innern der Erdkruste aufzufinden, auf die Änderungen der Richtung der Erdachse und zuletzt auf die Fortpflanzung von Erdbebenwellen, um auf diesem Wege nähere Auskunft über das Innere der Erde zu erhalten.

Herr Professor Dr. M. Henglein hielt sodann einen Vortrag über »Die Geologie der deutschen Kohlenlager« mit Lichtbildern.

827. Sitzung auf Einladung des Oberrh. Elektrotechnischen Vereins zum Vortrag des Herrn Professor Dr. H. Hausrath über »Die Elektronenröhren und ihre Verwendung in der Fernmeldetechnik« am 30. Januar 8 Uhr im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

828. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. L. Zipperer über »Technische Durchbildung der starren Luftschiffe« am 2. Februar im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule.

829. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Vortrag des Herrn Professor Dr.-Ing. Schwaiger über »Hochspannungsisolatoren« am 19. Februar 8 Uhr im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

830. Sitzung auf Einladung desselben Vereins zum Vortrag des Herrn Maschineninspektor Th. Haas über »Technische Leistungen der Eisenbahntruppen im Weltkriege« mit Lichtbildern am 4. März 8 Uhr im großen Hörsaal des chemisch-technischen Instituts der Technischen Hochschule.

831. Sitzung auf Einladung desselben Vereins zum Vortrag des Herrn Oberingenieur Sieber über »Neuerungen an Kältemaschinen« mit Lichtbildern am 26. März 8 Uhr im gleichen Hörsaal.

832. Sitzung auf Einladung desselben Vereins zum Vortrag des Herrn Gewerbeinspektor Emele über »Die technische Messe in Leipzig« am 15. April 8 Uhr ebenfalls im gleichen Hörsaal.

833. Sitzung auf Einladung des Oberrh. Elektrotechnischen Vereins zum Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. E. Besag »Über den neuesten Stand der Überstromschutzfrage in Überlandanlagen« mit Vorführung von Apparaten, Modellen und Bildern am 30. April 8 Uhr im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule.

834. Sitzung auf Einladung des Badischen Architekten- und Ingenieurvereins zum Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Gaber über »Wiederaufbau unseres Wirtschaftslebens durch Selbsthilfe« vom 3. Mai 8 Uhr im Hörsal für Geologie der Technischen Hochschule.

835. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Vortrag des Herrn Oberbauinspektor Schuler über »Murgwerk, erster Ausbau und Betrieb« mit Lichtbildern am 6. Mai 8 Uhr im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule. Daran anschließend fand am Samstag den 8. Mai eine Besichtigung des Murgwerks unter Führung der Herrn Oberbauinspektor Schuler und Professor Eberle statt.

836. Sitzung am 18. Juni im geologischen Hörsaal der Technischen Hochschule 8 Uhr abends. Der Vorsitzende O. Lehmann brachte zunächst den schweren Verlust in Erinnerung, den der Verein seit seiner letzten Sitzung durch den Tod seines Ehrenmitgliedes des Wirklichen Geheimen Rates Dr. Ernst Wagner erlitten hat. Er führte etwa folgendes aus: Die älteren Mitglieder unseres Vereins werden in guter Erinnerung haben, wie häufig der Verstorbene an unseren Sitzungen teilnahm und mit welchem Interesse er sich bei wissenschaftlichen Diskussionen beteiligte. Er war am 5. April 1832 als Sohn des Stadtpfarrers und Direktors der Kgl. württembergischen Taubstummen- und Blindenanstalt in Schwäbisch-Gmünd, Hermann Wagner, geboren. Nachdem er das Stuttgarter Gymnasium besucht hatte, bezog er die Universität Tübingen zum Studium der Theologie, Philologie und der Naturwissenschaften. Im Jahre 1858 erwarb er sich den Dr. phil. mit Auszeichnung, den die Universität Tübingen im Jahre 1906 erneuerte. Von 1857 bis 1860 wirkte er als Lehrer am theologischen Seminar in Schönthal und begab sich sodann zur Erweiterung seiner pädagogischen Kenntnisse nach England, wo er als Hauslehrer eines Ministers wirkte und die Einrichtung der englischen Schulen studierte. Die Ergebnisse dieser Studien stellte er dar in den Schriften: »Das Volksschulwesen in England« 1864 und »Tom Brown's Schuljahre« 1867. Von 1864 bis 1875 war er als Leiter der Friedrichs-Prinzenschule tätig und als Erzieher des Erbgroßherzogs bis zu dessen Volljährigkeit. Sodann wurde er als ordentliches Mitglied in den Oberschulrat berufen mit dem Titel Geh. Hofrat und zugleich zum Konservator der vaterländischen Altertümer ernannt. 1882 wurde er auch Konservator der Baudenkmale und im folgenden Jahre Mitglied der Badischen historischen Kommission. 1911 erfolgte seine Ernennung zum Direktor der vereinigten Sammlungen. Unter seinen zahlreichen Schriften sind besonders zu erwähnen: »Hügelgräber und Urnenfriedhöfe in Baden mit besonderer Berücksichtigung ihrer Tongefäße« und »Fundstücke und Funde aus vorgeschichtlicher römischer und alemannisch-fränkischer Zeit in Baden«. 39 Jahre hindurch war er das eifrigste Mitglied des von ihm gegründeten blühenden Karlsruher Geschichts- und Altertumsvereins, Jahrzehnte lang war er ferner Mitglied des Verwaltungsrats des Germanischen Nationalmuseums in Nürnberg und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums in Mainz.

Die Vielseitigkeit seiner Tätigkeit beeinträchtigte nicht im mindesten die Heiterkeit seines Wesens und seine Liebenswürdigkeit im Verkehr. Gestützt durch ein ausgezeichnetes Gedächtnis, durch Geschick in Behandlung der Menschen, durch Schlagfertigkeit und Veranlagung für Witz und Scherz, wußte er in allen Lagen sich zurechtzufinden und zahlreiche Freunde und Verehrer zu gewinnen. Er machte den Eindruck einer durchaus harmonischen Erscheinung und zählte zu den hervorragendsten und angesehensten Karlsruher Persönlichkeiten. Ein Schlaganfall am 7. März kurz vor seinem 89. Geburtstag machte seiner reichen Tätigkeit ein rasches Ende, obschon er bis zuletzt seine Rüstigkeit und Geistesfrische bewahrt hatte.

Hierauf hielt Herr Professor Dr. M. Auerbach einen Vortrag über »Die neue Anstalt für Bodenseeforschung der Stadt Konstanz«.

837. Sitzung auf Einladung des Oberrh. Elektrotechnischen Vereins zum Vortrag des Herrn Obermaschineninspektors Beutler über »Das Fernsprechselbstanschlußamt der Eisenbahngeneraldirektion« am Mittwoch den 30. Juni abends 8 Uhr im großen Hörsaal des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule. Daran anschließend fand am Donnerstag den 1. Juli nachmittags 3 Uhr eine Besichtigung dieser Anlage unter Führung des Herrn Beutler statt.

838. Sitzung. Haupt-Mitgliederversammlung im großen Hörsaal der Maschinenbauabteilung der Technischen Hochschule am 9. Juli 8 Uhr abends. Der Vorsitzende O. Lehmann berichtete bezüglich der Mitgliederbewegung: Durch Ableben verlor der Verein im verflossenen Vereinsjahr die Herren E. Dolletscheck, E. Gau, E. Diemer, M. Haid, E. Wagner; ausgetreten sind die Herren E. Rebmann, K. Fajans, K. Ens, E. Kohler. H. W. Clauß, L. Graebener, v. Babo, v. Bezold, H. Hausrath, M. Helbig, K. Scholtz, W. Steinkopf; eingetreten sind die Herren A. Peppler, K. Schmidt, H. Cramer, Lauterborn, W. Schachenmeier, M. Läuger, H. Rott, H. Franke, E. Ungerer, W. Gaede. Zum Vorstand wurden weiter zugezogen die Herren Auerbach (Schriftführer), Cramer, Mayer und Ungerer. An Stelle des verstorbenen Herrn Gau hat Herr Bankdirektor Galette die Rechnungsführung des Vereins übernommen.

Bezüglich des Standes der Bibliothek berichtet Herr Bibliotheksdirektor Dr. Schmidt: Das Katalogisieren, Binden und Einreihen der Werke des Naturwissenschaftlichen Vereins wurde auch im verflossenen Jahre in befriedigender Weise fortgesetzt. Von den der Bibliothek vom Ministerium für Einband des Bücherbestandes des Vereins zur Verfügung gestellten außerordentlichen Zuschüssen zum Bibliotheksaversum wurden bis zum März d. J. verbraucht:

Der Rest aus dem Jahre 1917	M.	288.14
Der im Juli 1918 verwilligte Zuschuß .	»	1000.—
Summe	M.	1288.14

Außerdem wurden noch Mark 81.66 aus dem Aversum der Bibliothek verausgabt. Im abgelaufenen Berichtsjahre wurden etwa 50 Bände von Dozenten und Assistenten unserer Hochschule benutzt. Neue Verluste wurden nicht festgestellt.

Bezüglich der Erdbebenstationen wurde durch Erlaß des Ministeriums des Kultus und Unterrichts vom 16. Februar 1920 Nr. A 2286 mitgeteilt: »Von den im Staatsvoranschlag für 1918/19 unter III Titel IV A, § 12 Ziffer 20 vorgesehenen Mitteln für die Erdbebenforschung ist zur Bestreitung der Kosten des Betriebs der beiden Erdbebenstationen für Rechnung des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe der Betrag von 2000 M. an die Verrechnung der Technischen Hochschule zur Verfügung des Herrn Prof. Dr. Näbauer zu zahlen und unter R. A. II U. A. 164, Ziffer 20 (Erdbebenforschung) zu buchen.« Weiter wird mitgeteilt: »Wir genehmigen die Anweisung der beantragten einmaligen Vergütungen von je 250 M. an die Geometer Merkel und Herrmann für ihre Mitwirkung bei der Wiedereinrichtung der Station Durlach sowie die Verwilligung einer monatlichen Vergütung von 50 M. an den Assistenten des geodätischen Instituts Geometer Merkel für die Bedienung der Station Durlach mit Wirkung vom 1. Januar d. J. ab auf den oben bewilligten Zuschuß.« Die Übernahme der auf 950 M. veranschlagten Kosten der elektrischen Beleuchtungsanlage in der Station Durlach auf obigen Zuschuß wird ebenfalls genehmigt. ... Im Staatsvoranschlag für 1920 haben wir für die Erdbebenforschung den Betrag von 3000 M. vorgesehen.

Bezüglich des Drucks des 27. Bandes der Verhandlungen des Vereins wurde beschlossen, dem Antrage des Vorstandes

gemäß außer der bereits gesetzten kleinen Abhandlung des Herrn Geh. Oberregierungsrats Dr. Groos, »Die deutsche Siedlung Tovar in Venezuela« auch die Abhandlung des Herrn Professors Dr. Schachenmeier, welche er als Habilitationsschrift einreichte, aufzunehmen, vorbehaltlich Regelung des Kostenpunkts.

Hierauf hielt Herr Professor F. Schmidt einen Vortrag über »Farbenphotographie« mit Lichtbildern.

839. Sitzung auf Einladung der Karlsruher chemischen Gesellschaft am Freitag den 16. Juli im großen Hörsaal des chemischen Instituts, 5—7 Uhr und Fortsetzung 8½ Uhr abends. Herr Professor Dr. Trautz aus Heidelberg hielt einen Vortrag über »Das Wesen der chemischen Reaktion«.

840. Sitzung auf Einladung des Karlsruher Bezirksvereins deutscher Ingenieure zum Lichtbildervortrag des Herrn Direktors Seitz über »Die maschinellen Einrichtungen des Karlsruher Rheinhafens« am Donnerstag den 21. Oktober abends 8 Uhr im großen Maschinenbausaal der Technischen Hochschule mit nachfolgender Besichtigung des Karlsruher Rheinhafens am Samstag den 23. Oktober 2½ Uhr.

841. Sitzung. Außerordentliche Hauptmitgliederversammlung am Freitag den 29. Oktober abends 8½ Uhr im geologischen Hörsaal der Technischen Hochschule. Tagesordnung: Neuwahl des Vorstandes. Der Vorsitzende O. Lehmann erstattete folgenden Bericht:

Satzungsgemäß ist alle zwei Jahre eine Neuwahl des Vorstandes vorzunehmen, und nach der Vorschrift für eingetragene Vereine muß die Neuwahl des Vorsitzenden dem hiesigen Amtsgericht zur Eintragung in das Vereinsregister alsbald mitgeteilt werden. Da die letzte Wahl vor 1½ Jahren stattgefunden hat, hätten wir zur Vornahme der Neuwahl noch ½ Jahr Zeit, bis gegen Schluß des Sommersemesters. Ich habe aber den Vorstand gebeten, die Wahl schon auf heute anzuberaumen, da ich mich außerstande fühle, das Amt des Vorsitzenden, welches ich seit nunmehr 10 Jahren innehabe, weiterhin beizubehalten.

Bei Besprechung der Angelegenheit im Vorstand wurde bezüglich dieser Wahl betont, man sollte von der bisherigen Gepflogenheit einen Hochschullehrer zu wählen — die bisherigen

Vorsitzenden waren: Eisenlohr, Grashof, Wiener, Engler, Lehmann — abgehen, in Anbetracht, daß diese nur etwa ein Viertel der ganzen Mitgliederzahl ausmachen (allerdings einen weit größeren Bruchteil der Vortragenden) auch aus dem anderen Grunde, weil sich die Hochschullehrer mit steigender Entwicklung der Wissenschaft immer mehr spezialisieren, während wünschenswert ist, die Leitung des Vereins in eine Hand zu legen, die mit den verschiedensten Kreisen Fühlung hat, um Vortragende aus diesen heranzuziehen und eine gleichmäßige Tätigkeit des Vereins auf allen Gebieten der Naturwissenschaften in Fluß zu bringen. In solcher Hinsicht kämen vor allem Herren von der Mittelschule in Betracht und schon bei meiner Wahl mag dieser Gesichtspunkt wesentlich mitgewirkt haben, da ich in früherer Zeit 7 Jahre als Lehrer einer Mittelschule beschäftigt gewesen war in gleicher Weise auf den Gebieten der Mathematik und Physik wie auf den der Chemie und Biologie, Geologie und Geographie. So kam der Vorstand zu dem Beschlusse, Ihnen vorzuschlagen, als neuen Vorsitzenden Herrn Direktor Rob. Burger am Humboldt-Real-Gymnasium zu wählen, welcher seit langen Jahren in Karlsruhe tätig und eifriges Mitglied unseres Vereins ist. Eine Vergrößerung des Vorstandes ist durch seine Wahl nicht bedingt, da gleichzeitig Herr Prof. Dr. Peppler, welcher zu sehr durch die Einrichtung des neuen meteorologischen Instituts in Anspruch genommen ist, auf seinen Wunsch ausscheidet.

Da keine Gegenvorschläge gemacht wurden, erfolgte die Wahl des Herrn Direktor Burger einstimmig durch Akklamation und der bisherige Vorsitzende führte ihn sofort in sein Amt ein.

Die Neuwahl des Vorstandes führte zur Wiederwahl der bisherigen Mitglieder und folgender Verteilung der Ämter:

1. Vorsitzender Direktor Robert Burger. 2. Vorsitzender Geh. Hofrat Professor Dr. L. Klein. 1. Schriftführer Professor Dr. M. Auerbach. 2. Schriftführer Augenarzt Dr. R. Spuler. Rechner Bankdirektor A. Galette. Geh. Rat Professor Dr. H. Bunte. Direktor Professor Dr. H. Cramer. Geh. Hofrat Dr. Doll. Wirkl. Geh. Rat Dr. C. Engler. Geh. Rat Professor Dr. O. Lehmann. Direktor Professor Dr. P. Mayer. Professor Dr. W. Paulcke. Privatdozent Dr. E. Ungerer.

Hierauf hielt Herr Geh. Hofrat Prof. Dr. L. Klein einen Vortrag über »Giftpilze, Pilzgifte und Pilzvergiftungen«

unter Vorführung zahlreicher Lichtbilder, direkt nach der Natur photographierter Pilze möglichst naturgetreu koloriert.

842. Sitzung, Freitag, 12. November, abends 8½ Uhr im »Krokodil«. Vortrag von Herrn Prof. Paul Mayer: »Einsteins Relativitätslehre I. Längen- und Zeitmessung nach Newton und Einstein«.

843. Sitzung, Freitag, 26. November, abends 8 Uhr im »Krokodil«. Vortrag von Herrn Prof. Paul Mayer: »Einsteins Relativitätslehre II. Physikalische Grundlagen und Folgerungen des Einstein-Prinzips«.

844. Sitzung, Freitag, 10. Dezember, abends 8½ Uhr im Hörsaal des chemisch-technischen Instituts der Technischen Hochschule. Vortrag von Prof. Dr. Eitner: »Über die Veredelung von Kohle«.

1921.

845. Sitzung, Freitag, 21. Januar, abends 8½ Uhr im »Krokodil«. Vortrag von Prof. Dr. Göhringer: »Geologisch-historische Entwicklung der Donau und des Neckars«.

846. Sitzung, Freitag, 4. Februar, abends 8½ Uhr im »Krokodil«. Vortrag von Prof. Dr. Auerbach: »Hydrographisches und Biologisches aus dem Bodensee«.

847. Sitzung, Freitag, 18. Februar, abends 8½ Uhr im »Krokodil«. Referat von Prof. Dr. Henglein: »Über die Wünschelrute« mit anschließender Aussprache.

848. Sitzung, Freitag, 4. März, abends 8½ Uhr im »Krokodil«. Vortrag von Herrn Dr. Frentzen: »Der Keuper Badens und seine fossile Flora«.

849. Sitzung, Freitag, 29. April, abends 8 Uhr im »Krokodil«.

Ordentliche Hauptversammlung.

Anwesend 29 Mitglieder, 8 Gäste.

Nach Verlesen des Protokolls der letzten außerordentlichen Hauptversammlung, desjenigen der 848. Sitzung und der Vorstandssitzung vom 5. November 1920 durch den 1. Schriftführer und nach Genehmigung derselben, tritt der 1. Vorsitzende in die Tagesordnung ein.

Es erfolgt zunächst der Jahresbericht, aus dem hervorgeht, daß seit der letzten außerordentlichen Hauptversammlung 9 Sitzungen mit 9 Vorträgen und eine außerordentliche Hauptversammlung und 3 Vorstandssitzungen abgehalten wurden.

Der Stand der Mitglieder beträgt am 29. April 1921 in Karlsruhe 175, Auswärtige 19.

Im Laufe des Jahres 1920 starben 2 Mitglieder: Medizinalrat Gustav Döll und Geheimer Oberforstrat Xaver Siefert, zu deren Ehrung und Andenken sich die Anwesenden von ihren Sitzen erhoben.

Ausgetreten sind 11 Mitglieder, dafür wurden 24 neuaufgenommen, so daß ein Zuwachs von 11 Mitgliedern zu verzeichnen ist.

Hierauf wurden die Berichte über die Erdbebenwarten und den Stand der Kasse verlesen. (Im Anschluß an unsere Mitteilungen geben wir als Anhang je einen Bericht über die »Rechnungsführung für die Jahre 1915—1921« und «Über den Betrieb der seismischen Stationen Durlach und Freiburg für die Zeit von August 1914 bis März 1921.)

Die Kasse wurde von Herrn Dr. Spuler geprüft und richtig gefunden, darauf wird dem Kassier Entlastung erteilt.

Der Vorschlag, den Mitgliederbeitrag von 6 Mark auf 12 Mark zu erhöhen, wird einstimmig angenommen; ebenso der Vorschlag, die jetzt fertig vorliegenden Bogen der »Verhandlungen« abzuschließen und zu veröffentlichen.

Auf Antrag des Vorstandes werden die Herren: Geheimer Rat Professor Dr. Bunte und Geheimer Rat Professor Dr. Lehmann einstimmig zu Ehrenmitgliedern ernannt.

Nach Schluß des geschäftlichen Teils ergreift der 1 Vorsitzende das Wort zu seinem Vortrag: »Schulfragen von heute«.

Rechnungsführung
für die Jahre 1915–1921.

Einnahmen:

Kassenvorrat	M.	5 656.75	
Mitgliederbeiträge 1915/21	»	5 524.40	
Beiträge des Ministeriums des Kultus und des Unterrichts für 1916/20 .	»	1 500.—	
Beiträge zu den Kosten des Vortrags des Herrn Geh. Rat Lummer 1915/17	»	185.—	
Anteil des Herrn Dr. Schachenmeier an den Druckkosten des Bandes der »Verhandlungen«	»	699.10	
Verkaufte Drucksachen usw. 1915/17	»	51.25	
Verloste Wertpapiere 1915/21 . . .	»	6 297.50	
Zinsen aus Wertpapieren 1915/21 .	»	6 968.85	
Zinsen aus Konto-Korrent 1915/21 .	»	616.82	M. 27 499.67

Ausgaben:

Drucksachen, Gebühren, Porti 1915/21	M.	2 442.91	
Verhandlung. u. Sonderdrucke 1915/21	»	3 378.51	
Gekaufte Wertpapiere 1915/21 . . .	»	12 795.90	
Vortragskosten 1915/18	»	455.50	
Kriegsspenden 1915/18	»	300.—	
Erbschaftssteuer für das Vermächtnis des Herrn Gustav Wagner, Achern	»	667.—	
Gekaufter Vervielfältigungsapparat .	»	393.85	M. 20 433.67
Kassenrest am 9. April 1921			M. 7 066.—
Das Vermögen beträgt am 9. April 1921:			
in Wertpapieren	M.	32 686.20	
in bar	»	7 066.—	M. 39 752.20
Das Vermögen betrug am 10. Dezember 1915			» 24 001.80
mithin Zunahme . .			M. 15 750.40

Der verstorbene Herr Gustav Wagner in Achern wandte dem Verein ein Vermächtnis in festverzinslichen Wertpapieren im Betrage von M. 12 000 zu. Infolgedessen hat sich das Vereinsvermögen erhöht.

Bericht

über den Betrieb der seismischen Stationen Durlach und Freiburg für die Zeit von August 1914 bis März 1921.

Gleich zu Beginn des Krieges entstanden durch die Heranziehung des Bedienungspersonals zum Heeresdienste Unregelmäßigkeiten im Betriebe der Station Durlach, die späterhin teilweise wieder behoben werden konnten. Für die Jahre 1914—1916 liegen daher nur lückenhafte Registrierungen der Heckerschen Horizontalpendel vor. Im Jahre 1917 veranlaßte der Naturwissenschaftliche Verein zu Karlsruhe den vollständigen Abbau der unterirdischen Station, da es infolge Personenmangels und der bestehenden örtlichen Schwierigkeiten nicht möglich war, die Pendel dauernd und befriedigend in Tätigkeit zu halten und befürchtet werden mußte, daß die Instrumente bei weiterem Verbleib in dem sehr feuchten unterirdischen Raum ohne die nötige Aufsicht notleiden würden.

Die im Sommer 1914 in Durlach aufgestellten großen Mainkaschen bifilaren Kegelpendel lieferten gleichfalls nur bis Ende 1916 Aufzeichnungen, die teilweise durch die besonderen Zeitverhältnisse unterbrochen sind, aber auch für mehrere Beben gute Ergebnisse zeigten. Von Januar 1917 ab mußten auch diese Apparate ganz außer Betrieb gesetzt werden. Nach Kriegsende wurde zunächst für die Zeitübermittlung das Telephon wieder eingeführt und die Uhr einer gründlichen Reinigung und Reparatur unterzogen. Seit Ende 1919 sind die Instrumente wieder dauernd in Tätigkeit. Die große Feuchtigkeit der Station und die ungeschützte Aufstellung der Pendel bereitet aber einer ununterbrochenen, zuverlässigen Registrierung Schwierigkeiten. Aus finanziellen Gründen war es bis jetzt noch nicht möglich zur Beseitigung dieser Mißstände die Grube, in welcher die Apparate aufgestellt sind, durch einen gut isolierenden Verschlag

von der Umgebung abzuschließen. Das kleine Mainkasche Pendel im Keller des Aulabaues der Technischen Hochschule Karlsruhe, welches während des Krieges ebenfalls zeitweise ganz still lag, wurde sofort nach Kriegsende wieder in Gang gesetzt und ist seitdem fast ununterbrochen mit gutem Erfolg in Betrieb. Der gesamte Zeitdienst (auch mit der Sternwarte Heidelberg) wurde nach Vornahme kleinerer Reparaturen im Frühjahr 1919 wieder aufgenommen. Die in Durlach aufgestellte Uhr wird wie früher allwöchentlich mit der Normaluhr des Geodätischen Instituts in Karlsruhe auf telegraphischem Wege verglichen.

Die seismische Station Freiburg war fast ohne Unterbrechung bis August 1915 in Betrieb und lieferte ein gutes Beobachtungsmaterial. Von genanntem Zeitpunkte ab mußte die Station vollständig still gelegt werden, da der mit der Besorgung der Station beauftragte Beamte zum Heeresdienst herangezogen wurde und ein geeigneter Ersatz nicht zu beschaffen war. Im Jahre 1917 machte die Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg dem Naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe den Vorschlag, die Heckerschen Pendel der Station Freiburg gegen eine neuere bessere Konstruktion umzutauschen. Da hiermit der Naturwissenschaftliche Verein einverstanden war, wurden im Februar 1918 die Instrumente abgebaut und nach Straßburg geschickt.

Infolge der Ereignisse im Jahre 1918 kam es nicht zu der versprochenen Gegenleistung, und die Freiburger Pendel mußten in Straßburg zurückgelassen werden. Die zur Wiedererlangung der Instrumente unternommenen Schritte sind bis jetzt ohne Erfolg geblieben. Sollte es nicht möglich sein, die Apparate wieder zu erhalten, so ist beabsichtigt, die früher in Durlach befindlichen Horizontalpendel in Freiburg aufzustellen, da sich hier der Beobachtungsraum in jeder Hinsicht als günstig erwiesen hat.

Die deutsche Siedelung Tovar in Venezuela
als Stützpunkt für botanische, meteorologische und klimatologische Forschungen und Beobachtungen.

Von **Dr. W. Groos** und **Dr. Fr. Gautier**.

Der Weltkrieg hat unsere Verbindungen mit Übersee bis jetzt abgeschnitten oder doch wenigstens stark beschnitten; er hat uns dagegen wieder Beziehungen mit Deutschen draußen gebracht, welche die Fühlung mit Heimat und Vaterland allmählich verloren hatten und hier beinahe verschollen waren. — Unvergessen soll allen Volksgenossen über den Grenzen bleiben, was sie in diesen schweren Tagen für unser Volk getan und noch tun: Viele Tausende im waffenfähigen Alter, gleichviel, ob noch im Besitz deutscher Staatsangehörigkeit oder nicht mehr, trieb es unter den unglaublichsten Schwierigkeiten und Gefahren heim zur Verteidigung des teueren deutschen Bodens, und viele Millionen steuerten die Deutschen draußen, die jenes nicht konnten, für unsere Kriegshilfe und zur Aufklärung der öffentlichen Meinung in den am Kriege nicht selbst beteiligten Ländern. — Erst die Zukunft wird uns voll zeigen, wie weit- und tiefgehend unser Ringen gegen eine Welt in Waffen unter der Asche glimmendes Feuer deutscher Vaterlandsliebe wieder angefacht hat. — Ein Beispiel hier für viele! aus einem Lande, in dem Deutsche nur in kleiner Zahl, dauernd nur in einer ganz abseits im Urwald gelegenen bescheidenen Siedelung wohnen: die nur 12—1500 Deutschen in Venezuela haben bis jetzt für das Vaterland über eine Viertelmillion Mark aufgebracht, darunter die geldarmen paar hundert Bauern der Kolonie Tovar rund 800 Mark neben außerordentlichen Opfern für das Deutschtum der eigenen Gemeinde. — Für dieses in der alten Heimat mich einsetzend, habe ich mich der Erfahrung erfreuen dürfen, daß selbst ein so kleiner

Splitter unseres Volkstums neben der allgemeinen seine besondere Bedeutung für uns haben kann, hier eine wissenschaftliche, und hierin seinerseits eine weitere Stütze zu seiner Erhaltung finden wird, wenn wir daheim dazu mithelfen.

Die Siedelung ist 1843 auf einem von dem Venezolaner Tovar-Ponte zur Verfügung gestellten Landstrich von einigen 70 Auswandererfamilien (mit rund 400 Köpfen) aus dem badischen Breisgau gegründet worden, die ein aus dortiger Gegend stammender Kupferstecher des venezolanischen Kartographen, Oberst Codazzi geworben hatte, — an den Quellen des Rio Tuy in beinahe 2000 m Meereshöhe, in einem Hochtal am Südhang des Küstengebirges, gegen 100 km westlich von der Hauptstadt Carácas und 70 km nördlich von der Stadt La Victoria, an welcher jetzt die von der Diskontogesellschaft in Berlin erbaute Eisenbahn Carácas—Valencia vorbeiführt. Für die Breisgauer Bauern war die Lage der Siedelung eine ungünstige, ungeeignet wegen des feuchten Klimas sowohl für den Weinbau, wie für den Weizen und selbst für Kartoffeln. Am meisten lohnt nun der Anbau von Kaffee und Kakao, eine Haupteinnahmequelle für Venezuela. Es hat viel Schweiß und Opfer, auch von Menschenleben gekostet, bis die Siedelung, welche viele schon bald wieder verlassen hatten, sich allmählich zu einem auskömmlichen Dasein emporgearbeitet hat, mit nicht viel mehr Einwohnern, als zur Zeit der Gründung. Die ganz vereinsamte deutsche Gemeinde hat aber nicht nur Heimattreue gehalten in Wahrung ihrer alemannischen Sitte und Mundart, sondern auch, obwohl des alten Staatsbürgerrechts verlustig, sich echt deutschen Geistes erwiesen, gerade im jetzigen Weltkrieg durch die bei ihren Verhältnissen nicht hoch genug anzuerkennende Sammlung für das deutsche Rote Kreuz und durch Errichtung einer deutschen Schule, die ihr bis dahin gefehlt hatte. Schon früher war auf eine solche als Hauptmittel zur Erhaltung des Deutschtums hingewiesen worden, von einem deutschen Naturwissenschafter, dem Konservator des Botanischen Museums, Prof. Dr. Goebel in München, wie zuvor von den Vertretern des Deutschen Reiches in Carácas — wobei ersterer einen deutschen Lehrer gewünscht hatte, der auch einigermaßen naturwissenschaftlich geschult sei. Was damals den Bemühungen der badischen Unterrichtsverwaltung und des Landesverbandes Baden des Vereins für das Deutschtum im

Ausland nicht gelungen war — der Lehrer muß alemannisch und auch spanisch verstehen —, heute ist es gerade durch den Weltkrieg Tatsache geworden: Lehrer Eugen Galler von der deutschen Schule in Carácas, Oberelsässer und selbst alemannisch sprechend, übernimmt die neue deutsche Schule in Tovar, durch welche die allmählich aussterbende Kenntnis der hochdeutschen Gemeinsprache den Nachkommen der Auswanderer wieder vermittelt werden wird, und wenn auch vielleicht nicht naturwissenschaftlich gerade besonders geschult, wird er und der von den Engländern aus Trinidad ausgewiesene Pfarrer Busert, ein Rheinländer, für botanische Bezüge und Forschungen, vielleicht auch für sonstige wissenschaftliche Beobachtungen doch wenigstens den Anknüpfungspunkt bieten, welchen ein im allgemeinen gebildeter Mann für solche und ähnliche Zwecke geben kann.

Dr. Goebel, welcher 1890/91 eine wissenschaftliche Reise durch Venezuela und Britisch-Guayana gemacht und u. a. auch für den Botanischen Garten und das Botanische Museum in Karlsruhe tropische Pflanzen und Sämereien, von Tovar im besonderen seltene Farne mitgebracht hatte, hat in einem Beibericht auf letzteres besonders abgehoben:

> »Tovar liegt an einem für Vermehrung naturwissenschaftlicher Sammlungen außerordentlich günstig gelegenen Punkte der venezolanischen Küstenkordillere. Die botanischen Gärten und Sammlungen können von dort aus mit geringen Kosten sehr bereichert werden. Unterzeichneter hat auf seinen Reisen in Indien, Java, Südamerika, Australien, Neuseeland kaum einen anderen Ort kennen gelernt, der für einen naturwissenschaftlichen Sammler so günstige Aussichten bietet, wie Tovar.«

Zu der Frage aber, ob diese deutsche Siedelung nicht als von vornherein wegen des Klimas und der Lage unter den Tropen verfehlt und deshalb als aussichtslos für alle Zeit betrachtet werden müsse, gibt der nachstehende, auf Ersuchen mir entgegenkommend erstattete Bericht eines Fachmannes, Dr. Gautier — auch eines Landsmannes der Tovarer — den Nichtfachmann überraschende und den Deutschen erfreuende Aufschlüsse.

Dr. W. Groos-Karlsruhe.

Die Lage der Kolonie Tovar an den oberen Hängen eines Hochtals unmittelbar unter der Nordkette des Karibischen Gebirges[1], wo sich dasselbe zu Höhen von 2000—2500 m emportürmt, hat schon frühe die Aufmerksamkeit von Meteorologen auf sich gezogen, zumal Höhenstationen in weiterer Umgebung nicht vorhanden waren. Zwar ist die Lage der Beobachtungsstelle dort nicht genau bekannt und nur nach barometrischen Messungen eine ungefähre Höhe zwischen 1900 und 2050 m festzustellen[2], auch sind die Beobachtungen etwas dürftig, da sie wenigen und dazu älteren Jahrgängen entstammen, doch sind die meisten Angaben — nach dem Urteil von Fachmännern — vertrauenswürdig. Bereits 1844 fanden wissenschaftliche Aufzeichnungen statt[3], 1854 und 1855 und fortlaufend von 1856—58 beobachtete der Amerikaner Fendler, der sich zu Studienzwecken mehrere Jahre in der Kolonie aufhielt; neuere Daten finden sich in Hann's Klimatologie.

Auf Grund dieser Beobachtungen nimmt Hann eine jährliche Mittelwärme von 14,4° C für Tovar an, von der sich auch die monatlichen Mittelwerte nur wenig entfernen (Januar 12,7°, April und September 15,1°). Die tägliche Temperaturschwankung ist im Jahresdurchschnitt folgende:

	Jahresmittel	April	Januar
Morgens 7^h	13,5°	14,6°	11,2°
Mittags 2^h	17,3°	18,5°	16,3°
Abends 9^h	12,5	14,1°	11,2°

[1] Fendler beschreibt sie in dem Annual Report of the board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1857, Washington: The colony is surrounded by mountains ridges, crowned by several peaks (S. 180).

[2] Nach Fendler 6500 engl. Fuß, nach Kuntze, Tharand, Met. Zeitschrift. Jahrg. 1894, S. 150ff. 1914 m, nach Hann, Handb. d. Klimatologie, 2040 m. Geogr. Breite: 10° 20', westl. Länge 67° 20'.

[3] Boletin de la Colonia Tovar, S. 41—42, wahrscheinlich von einem Deutschen.

Dieselbe entspricht etwa der eines bald mehr kühlen, bald mehr schwülen Maitages unserer oberrheinischen Tiefebene, wie überhaupt die Witterung in der Kolonie mit der eines etwas feuchten, verregneten Maimonats in Deutschland am besten zu vergleichen wäre.

Für die bedeutende Höhenlage (Gipfellage) der Kolonie ist das Klima auffallend kühl; der Ort an der Grenze der sogenannten tierra templada »des gemäßigten Landes« und der tierra fria, »des kalten Landes«, gelegen, ist im Vergleich mit Beobachtungsstationen wie Quezaltenango[1] in Guatemala und Bogotà in Bolivien entschieden unternormal warm. Die genannten Orte haben etwa die gleiche Mitteltemperatur, liegen aber je 300 und 600 m höher. Für einen unter den Tropen gelegenen Ort bedeutet aber dieser Wärmemangel, sobald es sich um eine Ansiedlung von Europäern handelt, eher einen Vorzug.

Um uns ein Bild des Witterungsverlaufs innerhalb eines klimatischen Jahres vorzuführen, tun wir am besten, den Schilderungen Humboldt's, der sozusagen als erster neuzeitlicher Gelehrter die benachbarten Gegenden bereist hat, zu folgen.

Zur Zeit unseres deutschen Winters herrscht in Tovar die trockene Jahreszeit mit vielen heiteren Tagen, die nur zur Mittagszeit stärkere Bewölkung und zeitweisen Niederschlag aufweisen. Die Regenmenge ist meistens gering, die Zahl der Tage mit Regenfall erreicht nur selten die Hälfte derjenigen in der Regenzeit. Bis in den März hinein bleibt der Charakter der Witterung so ziemlich derselbe, die mittlere Wärme nimmt langsam etwas zu, die Morgen sind meist frisch (selten unter 10°)[2], die Mittage mäßig warm (Maximum ca. 25°). Mit der zunehmenden Jahreszeit beschreibt aber die Sonne steilere und immer steilere Bögen und erreicht schließlich um Mitte April den Zenitstand. Damit ist in den Tropen der Beginn der Regenzeit angekündigt. Allmählich wird das vordem so klare Himmelsblau gedämpfter, eine Dunstschicht scheint die oberen Lufträume zu erfüllen, ein stärkeres nächtliches Flimmern der Sterne deutet auf zunehmende Feuchtigkeit in diesen Sphären. Immer mächtigere Wolkenmassen türmen sich

[1] E. Lottermoser: Die Ergebnisse der Temperaturbeobachtungen in Salvador und Süd-Guatemala. Hamburg 1909.

[2] Nur einmal, Winter 1855/56, wurde in Tovar, nach Fendler, Reif beobachtet.

an den südlichen Gebirgsketten auf, lagern in den benachbarten Hochtälern, bis endlich meist um die Wende von April zu Mai unter gelegentlichen Gewittererscheinungen die ersten schweren Tropenregen der nassen Jahreshälfte niedergehen. Aber die nun kommende Jahreszeit stellt durchaus nicht eine fortdauernde Regenperiode dar; vielmehr treten des öftern klare Morgen und Abende, auch völlig regenfreie Abschnitte auf, und etwa um die Mitte des Sommers stellt sich als sog. veranito di San Juan eine Reihe von schöneren Tagen ein, die allerdings keine regelmäßige Erscheinung ist. Im September und Oktober steigert sich nach dem abermaligen Zenitstande der Sonne die Niederschlagstätigkeit wieder, bis dann im November, in manchen Jahren auch erst auf Jahresschluß, die kürzere schöne Periode ihren Anfang nimmt.

Wie Hettner[1] ausführt, ist das Klima in den nördlichen Ausläufern der Kordilleren auch noch gekennzeichnet durch den Wechsel von Tal- und Bergwinden, von denen erstere die feuchte Luft des Tieflands in höhere Schichten bringen und damit die Kondensation der großen in ihr enthaltenen Mengen Wasserdampfes herbeiführen. Auf diese Weise kommt es zu örtlicher Wolkenbildung, Nebeln und Niederschlägen, die meist in der Form von Rieselregen (Paramitos)[2] fallen, im Tieflande aber fast fehlen. Die schon an und für sich bedeutenden Niederschlagsmengen werden hierdurch noch erhöht. Nach Fendler ist die Zahl der Tage mit Niederschlag (Ergebnisse von 2 Jahren) in ihrer Verteilung auf die trockene und nasse Jahreszeit folgende:

	Regenmenge[3] in mm	Regentage	Feuchtigkeit in %	Gewitter im Monat	Bewölkung in Zehnteln der Himmelsfläche
Trockenzeit . November—April	850	67		1	5.0
Regenzeit . . Mai—Oktober	1040	110	88	3	7.2

Summe: 186 Regentage im Jahr.

[1] Hettner, Die Kordillere von Bogotá, in Petermanns Mitteilg. 1892. Sonderheft Nr. 104.

[2] Hettner, S. 72.

[3] Beobachtungen von 1844, Boletin de la Colonia Tovar, Nr. 5, vom 1. Januar 1845, S. 41—42.

Die Menge des Niederschlags ebenso wie seine Verteilung über das Jahr wechselt übrigens außerordentlich; während einige Reisende die trockene Jahreszeit von Anfang November bis Ende April zählen, rechnet **Fendler** noch die Monate November und Dezember zur Regenzeit. Außerordentliche Regenmengen und eine Ausdehnung der Regenperiode über fast die ganze trockene Zeit beobachtete **Sievers** auf seinen Reisen in den Jahren 1892—93[1].

Entsprechend der Häufigkeit von Niederschlägen und Nebeln ist auch die durchschnittliche Größe der **Bewölkung** eine recht bedeutende; auf ziemlich klare Morgen folgen meist neblige oder trübe Mittage, während es gegen Abend wieder aufhellt[2]. Die beigegebene Tabelle zeigt den täglichen Verlauf der Bewölkung und des Niederschlags:

	Bewölkung in Zehnteln der Himmelsfläche	Dauer des Regenfalls in Stunden im Jahr:	
Morgens 7^h	5,4	14	von $7-8^h$ morgens
Mittags 2^h	8,2	60	von $2-3^h$ mittags
Abends 9^h	4,4	4	von $9-10^h$ abends

Im Vergleich mit den benachbarten Gebieten ist die Gewitterhäufigkeit eine geringe[3].

Von einiger Bedeutung sind unter den übrigen klimatischen Faktoren nur noch die Winde, die in der Kolonie höchstens in mäßiger Stärke auftreten und vielfach lokalen Charakter tragen (Berg- und Talwinde).

Im allgemeinen steht die Gegend ebenso wie die angrenzenden Landesteile unter dem ständigen Einfluß der östlichen Passatströmung. Ost- und Südostwinde herrschen vor; um die Zeit des Eintritts der Regen im April und Mai sind gelegentlich

[1] **Sievers** »Zweite Reise in Venezuela« in den Jahren 1892 93. Mitteil. d. Geogr. Ges. in Hamburg 1896.

[2] **Fendler** beobachtete im Laufe eines Jahres nur einen einzigen völlig klaren Mittag gegen 135 ganz trübe; dagegen waren wieder 88 Abende vollständig klar (S. 216).

[3] Siehe Tabelle auf S. 6.

auch südliche Luftströmungen häufiger, während im Winter ab und zu auch schwächere, mit den mexikanischen »Nortes« zusammenhängende Nordwinde wahrgenommen werden. Allerdings sind sie ungleich jenen, welche als Boten des nordamerikanischen Winters dort so verrufen sind, nur von einer angenehmen Abkühlung begleitet[1].

Dr. Fr. Gautier.

[1] Einer der besten Kenner des Landes, Codazzi, erwähnt sie bereits in seinem »Resumen de la Geografia de Venezuela«. Paris 1841, S. 363.

Über Struktur, optisches und mechanisches Verhalten der als Myelinformen bezeichneten flüssigen Kristalle
sowie über Plastizität im allgemeinen.

Von **R. Schachenmeier.**

Die Physik betrachtet die Materie entweder als Kontinuum oder als Zusammenlagerung von Molekülen; letztere einerseits in regelloser Anordnung (amorphe Körper), andererseits zu Raumgitterstruktur (Kristalle). Auch im Falle der Annahme dieser Molekulartheorie konnte bisher für die Rechnung ein chemisch einheitlicher Stoff als kontinuierlich behandelt werden, denn man nahm an, chemische Homogeneität (gleiche Beschaffenheit aller Moleküle) bedinge notwendig auch physikalische Homogeneität, alle Punkte müßten einander gleichwertig sein und ebenso alle parallelen Richtungen, gleichgültig ob der Körper amorph oder kristallisiert ist. Nach O. Lehmanns Entdeckung der Existenz chemisch homogener flüssiger Kristalle[1]) trifft dies nicht zu. Beispielsweise ist bei einer Säule von Ammoniumoleatmonohydrat, welche sich in einer Kapillarröhre befindet, eine Achse ausgezeichnet, und nur Punkte von konachsialen Zylinderflächen sowie der Achse parallele Richtungen auf diesen sind gleichwertig. Trotz der Beweglichkeit der Moleküle ist diese Anordnung derselben eine stabile; man kann die Flüssigkeit in Strömung versetzen, ohne die durch die Interferenzstreifen zwischen gekreuzten Nicols sich kundgebende Struktur zu stören[2]). Das Gesetz der Molekularkräfte muß also ein

[1]) O. Lehmann, Zeitschr. f. physik. Chem. 4, 462, 1889. Flüssige Kristalle, Lpz., Engelmann, 1904. Die neue Welt der flüssigen Kristalle, Lpz., Akad. Verlagsges. 1911. Prometheus 25, 2 u. 20, 1913. Comptes rendus 158, 389, 1914. Die Lehre von den flüssigen Kristallen, Wiesbaden 1918. Physik. Zeitschr. **19**, 73, 1918.

[2]) Derselbe, Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. 1911, Nr. 22, S. 17. Ann. d. Phys. **56**, 321, **57**, 244, 1918.

derartiges sein, daß es stabile Gleichgewichte dieser Art ermöglicht; und die O. Lehmannsche Annahme, die Moleküle übten außer den bekannten Zentralkräften, welche bei nicht kristallinischen Flüssigkeiten allein in Erscheinung treten, auch gegenseitige Richtkräfte aus wie astatische Magnetsysteme[1]), dürfte bei exakter mathematischer Durcharbeitung wohl den Nachweis der Möglichkeit jener Gleichgewichte erbringen können. Vom Standpunkte der Annahme, die Materie sei kontinuierlich, ist dagegen die fragliche Verteilung der Werte der Eigenschaften nicht verständlich.

Die Existenz flüssiger Kristalle erscheint somit als Beweis für die Molekularstruktur der Materie und läßt zugleich erkennen, daß die besonders für technische Zwecke nützliche vereinfachende Annahme der Kontinuität im allgemeinen nicht zulässig ist, daß jede exakte physikalische Theorie die Körper als Molekularaggregate betrachten muß, soweit nicht der Beweis erbracht werden kann, daß die einfachere Annahme zu gleichem Ergebnis führt.

Man hat früher auch umgekehrt geschlossen, ein physikalisch homogener Körper müsse notwendig chemisch homogen sein und war so gezwungen anzunehmen, die Moleküle eines Kristalls seien alle gleichartig, Einmischung einer fremden Substanz sei nur in die Moleküle selbst möglich, also nur im Fall des Isomorphismus, so daß auch die geänderten Moleküle alle gleichartig beschaffen wären. Im Gegensatz hierzu führten O. Lehmanns Beobachtungen über Mischkristalle nicht isomorpher Stoffe (sogen. anormale Mischkristalle) zu dem Ergebnis, daß Zwischenlagerung fremder Moleküle zu einem Aggregat möglich ist, welches hinsichtlich der physikalischen Homogeneität einer physikalischen Lösung vergleichbar ist. Bei flüssigen Kristallen sind solche Mischungen in besonders hohem Maße möglich. So kann sich z. B. das flüssig-kristallinische Ammonium-

[1]) O. Lehmann, Physik. Zeitschr. **10**, 553, 1909. Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 347. Verhandl. d. D. phys. Ges. **16**, 443, 1914.

oleatmonohydrat in beliebigem Verhältnis mischen mit den chemisch ganz anders beschaffenen flüssig-kristallinischen Modifikationen von Lecithin, Phrenosin, Kerasin usw.[1]), auffallenderweise auch mit der wasserreicheren Verbindung des Ammoniumoleats, die kurz als Ammoniumoleatdihydrat bezeichnet werden soll, obschon bis jetzt eine chemische Analyse des Wassergehalts nicht vorliegt. Diese Beimischung, welche in beschränktem Maße möglich ist, bewirkt Störung der physikalischen Homogeneität durch Gruppierung der Moleküle um eine Achse, wie sie sonst durch den Einfluß der Glaswände einer Kapillare hervorgebracht wird, d. h. Entstehung von Myelinformen[2]), welche also flüssige Mischkristalle sind.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist, näher zu prüfen, ob die von O. Lehmann angenommene Struktur der Myelinformen wirklich die tatsächlich beobachteten Erscheinungen ergibt und zwar einerseits auf dem Gebiet des optischen, andererseits dem des mechanischen Verhaltens, und welche Folgerungen sich daraus ergeben hinsichtlich der Plastizität im allgemeinen.

In Teil I, A wird zunächst der Verlauf des ordentlichen, dann der des außerordentlichen Strahles in einem Myelinkristall konstruiert und angegeben, welche Erscheinungen im Mikroskop durch diesen Strahlengang bedingt sind. Es wird eine Formel aufgestellt, welche gestattet, durch mikroskopische Ausmessung der Lichtverteilung bei Myelinformen den Brechungsindex des ordentlichen Strahles zu bestimmen. Die Messungen ergeben einen quantitativen Zusammenhang desselben mit dem Mischungsverhältnis der beiden Hydrate des Ammoniumoleats. Um dieses in einfacher Weise bestimmen zu können, wird in B eine Methode ausgearbeitet, welche gestattet, den Wassergehalt einer Myelinform aus einer Messung der inneren Reibung des wasserhaltigen

---

[1]) O. Lehmann, Ann. d. Phys. **43**, 123, 1914.

[2]) Derselbe, Heidelb. Sitzungsber. 1913, Nr. 13, S. 17. Physik. Zeitschr **19**, 18, 1918. Ann. d. Phys. **57**, 246, 1918.

Ammoniumoleats zu finden, da sich diese mit dem Wassergehalt in auffälliger Weise ändert.

Die Untersuchungen von O. Lehmann haben zu der Auffassung geführt, daß nicht nur fremdartige Stoffe, wie es zwei verschiedenartige Hydrate des Ammoniumoleats sind, Mischkristalle miteinander bilden können, daß man vielmehr annehmen muß, auch verschiedene polymorphe Modifikationen oder sogenannte Aggregatzustände desselben Stoffes könnten Mischkristalle miteinander bilden, dies sei sogar die Regel in der Nähe eines Umwandlungspunktes, welcher aufzufassen sei als Sättigungspunkt der Lösung der einen Modifikation in der andern. In diesem Fall ist das Mischungsverhältnis nicht beliebig wählbar sondern durch die Gesetze des chemischen Gleichgewichts bestimmt. Beispielsweise findet nach seiner Auffassung beim Erwärmen von Eis bis zum Schmelzpunkt in steigendem Maße eine Dissoziation von Eismolekülen in Wassermoleküle statt, wie sich durch die auffallende Plastizität in der Nähe des Schmelzpunktes kundgibt. Letzterer ist der Sättigungspunkt der Lösung von Wasser in Eis, so wie umgekehrt der Erstarrungspunkt der Sättigungspunkt der Lösung von Eis in Wasser ist. Kühlt man die Myelinformen des Ammoniumoleats unter -4° ab, so entsteht eine zähere Modifikation unter plötzlicher Geradestreckung der Myelinformen. Beim Wiedererwärmen findet bei derselben Temperatur Rückumwandlung statt, wobei die Form wieder die frühere wird. Auch in diesem Fall ist die zähere Modifikation in der Mischung der beiden Hydrate mit sinkender Temperatur in steigendem Maße gelöst anzunehmen, wie sich durch die Erhöhung der inneren Reibung kundgibt, bis bei -4° der Sättigungspunkt erreicht wird[1]).

Ganz wie in anderen Fällen ist anzunehmen, daß ein derartiges inneres Gleichgewicht nicht nur durch die Temperatur, sondern auch durch den Druck bestimmt werde. An Stelle von -4° wird man bei höherem Druck eine der

[1]) O. Lehmann, Ann. d. Phys. 43, 112, 1914.

Volumenveränderung bei der Umwandlungstemperatur entsprechende andere Umwandlungstemperatur finden[1]). Weiter folgt aus O. Lehmanns Versuchen aber auch eine Abhängigkeit des inneren Gleichgewichts von Schubspannungen (einseitigem Druck[2]). Direkt nachgewiesen ist bis jetzt allerdings nur, daß Störung des inneren Gleichgewichts durch Temperaturänderung Schubspannungen hervorrufen kann, welche Umsetzung von chemischer Energie in mechanische Arbeit bedingen[3]). Doch ist der Vorgang augenscheinlich reversibel, so daß Änderung der Schubspannungen Änderung des chemischen Gleichgewichts bedingen muß. Demgemäß wird in Teil II untersucht, in welcher Weise in der Nähe des Umwandlungspunktes mit molekularen Umsetzungen verbundene Plastizität möglich ist. Im Anschluß hieran wird die ohne Störung der Beschaffenheit der Moleküle verlaufende Plastizität betrachtet, bei welcher von der gegenseitigen Konfiguration der Molekeln abhängige »verborgene Koordinaten« des Gitters mitspielen. Plastizität amorpher und quasiisotroper Stoffe, plastische Deformationen von einfachen Kristallindividuen, die ohne Störung des Raumgitters (Gleitflächen usw.) und solche, die mit Störung desselben verlaufen, lassen sich unter diesen Gesichtspunkten behandeln.

I. Die Optik der Myelinformen.

A. Verhalten der Myelinformen in polarisiertem und natürlichem Licht.

§ 1. Nach O. Lehmanns Ergebnissen[4]) ist das optische Verhalten der zylindrischen myelinartigen flüssigen Kristalle ein solches, wie wenn sie aus molekularen Plättchen zu-

---

[1]) O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr., 1, 97, 1877.

[2]) Ann, d. Phys. **50**, 555, 1916.

[3]) Derselbe, Wied, Ann. **25**, 173, 1885. Ann. d. Phys. **21**, 381, 1906. Die neue Welt d. flüss. Krist.

[4]) Derselbe, Sitzungsbericht d. Heidelb. Akad. 1813, Nr. 13.

sammengesetzt wären, die überall der Oberfläche also auch der Längsachse parallel sind, so daß die optische Achse allenthalben radial zur Längsachse gerichtet ist, da im Falle der Aggregation der Plättchen zu normalen Kristallen die optische Achse senkrecht zur Plättchenebene angenommen werden muß.

Man könnte sich somit einen zylindrischen Myelinkristall in optischer Hinsicht vorstellen als ein Aggregat flacher Keile aus optisch einachsiger Substanz, die mit ihren Schneiden in der Zylinderachse zusammenstoßen und kristallographisch so orientiert sind, daß die optische Achse jedes Keils radial gerichtet ist.

Im Falle kugelförmiger Myelinformen, bei denen die Längsachse auf einen Punkt reduziert ist, sind die Plättchenmoleküle ebenfalls der Oberfläche parallel also die optischen Achsen identisch mit den Kugelradien. Im Querschnitt ist somit im Falle zylindrischer wie kugeliger Myelinkristalle die Anordnung der optischen Achsen dieselbe, nämlich die der Kreisradien, und das vollständige Bild entsteht daraus durch Verschieben entlang der Längsachse bezw. durch Rotieren um einen Durchmesser.

Läßt man paralleles Licht einfallen und beobachtet das durchgehende, indem man es ins Mikroskop eintreten läßt, so tritt infolge der beschriebenen Struktur bereits in natürlichem Licht eine eigenartige Schattierung auf, die man aus dem in einem Querschnitt allein verlaufenden Vorgang ableiten kann. Zu dem Zweck überdeckt man die Erscheinung für Licht, welches parallel dem Querschnitt polarisiert ist, mit der, welche sich zeigt bei solchem, dessen Polarisationsebene zum Querschnitt senkrecht steht, insofern man sich das natürliche Licht aus zwei derart beschaffenen Komponenten zusammengesetzt denken kann.

§ 2. Läßt man parallel der Einfallsebene (d. h. parallel dem Querschnitt) polarisiertes Licht einfallen, so verhalten sich die gebrochenen Strahlen als ordentliche.

Ist das umgebende Medium Wasser, so verhält sich der Myelinkristall genau so wie eine Zylinderlinse. Das ein-

fallende parallele Strahlenbündel muß also nach Passieren der Myelinform die Erscheinung der sphärischen Aberration zeigen, d. h. die Strahlen hüllen eine kaustische Fläche ein, auf welcher die Helligkeit am größten ist. Um zu untersuchen, welche Erscheinungen die ins Mikroskop eintretenden Strahlen erzeugen, ist zu beachten, daß das Mikroskop ähnliche Abbildung von Objekten durch weitgeöffnete Bündel vermittelt und für ein aplanatisches Punktepaar korrigiert ist. Nur solche Strahlenbündel werden nach Passieren des Mikroskops wieder in einem Punkt, dem Bildpunkt, vereinigt, welche selbst von den Punkten eines unendlich kleinen Flächenelements ausgehen, das im aplanatischen Punkt senkrecht zur Mikroskop-Achse steht. Nun wird dieses Flächenelement durchsetzt von den von der Kaustik herkommenden Strahlen. Die Dimensionen dieses Querschnitts der Kaustik sind kleiner als der Durchmesser der Myelinform selbst, und dieser (rund $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{10}$ mm) ist gewiß klein gegen die Eintrittspupille des Mikroskops. Die Bedingung, daß es sich um sehr kleine Flächenelemente handelt, ist somit erfüllt. Da die Richtung der das Flächenelement durchsetzenden Strahlen stetig wechselt, so ist jeder Punkt desselben Ausgangspunkt eines unendlich schmalen Strahlenbündels, welches nach Passieren des Mikroskops wieder in einem Punkt vereinigt wird, also den betreffenden Punkt des Flächenelements abbildet. Somit wird der Querschnitt der Kaustik ähnlich abgebildet d. h. genau so, als wäre die Kaustik auf einem Schirm aufgefangen und vergrößert. Das entstehende Bild ist somit aus der Lehre von den Erscheinungen an Kaustiken bekannt[1]): Man sieht zwei helle Streifen, wenn der aplanatische Punkt A außerhalb der Strecke BC (Fig. 1)[2]) liegt (wobei B der Vereinigungspunkt der Randstrahlen, C der Zentralstrahlen ist), dagegen einen einzigen hellen Streifen, wenn A zwischen B und C liegt.

Diese theoretische Folgerung wurde zunächst an Glasfäden (von ca. $\frac{1}{10}$ mm Durchmesser) geprüft. Es traten die

[1]) Vgl. z. B. **Müller-Pouillet**, Lehrb. d. Phys., 10. Aufl., Bd. 2. [2]) s. S. 65/66.

oben beschriebenen Streifen auf. Wird der Tubus von oben nach unten verschoben, so nähern sich die beiden hellen Streifen einander, berühren sich und entfernen sich wieder voneinander entsprechend den verschiedenen Lagen des aplanatischen Punktes A zu den Vereinigungspunkten B und C (Fig. 1). Diese charakteristische Variation der Streifen mit der Tubusstellung kann stets als Beweis dafür dienen, daß die Erscheinung von einer Kaustik herrührt.

Die Prüfung an Myelinformen fällt ebenso aus, wenn man parallel zum Querschnitt polarisiertes Licht einfallen läßt. Vor allem tritt genau die eben beschriebene Variation der Streifen mit der Tubusstellung auf.

Die Gestalt der Kaustik und damit Lage und Breite der hellen Streifen sind eindeutig bestimmt durch Radius R und Brechungsindex n der zylindrischen Myelinform. Man kann also, wenn der Radius derselben bekannt ist, durch Ausmessen der Streifenbreite gewisse Rückschlüsse auf den Brechungsindex ziehen. Fällt der aplanatische Punkt A in den Hauptbrennpunkt C, so gilt für die halbe Streifenbreite R', wenn y die halbe Breite des einfallenden parallelen Bündels und n der Brechungsindex der Zylinderlinse ist[1]:

(1) $$R' = \frac{y^3 n^2}{2 R^2} \left\{ 4 - \frac{2(n^2 - 1)}{n^3} - \frac{1}{n^2} - \frac{2}{n} \right\}.$$

Im Falle mikroskopischer Beobachtung ist $y = R$ zu setzen. Man begeht mit Anwendung dieser Formel (1) einen Fehler, der zu vernachlässigen ist, wenn der Brechungsindex n nahezu $= 1$ ist. Sind R und R' gemessen, so kann in diesem Falle n nach (1) berechnet werden aus

(2) $$R' = \frac{n^2 R}{2} \left\{ 4 - \frac{2(n^2 - 1)}{n^3} - \frac{1}{n^2} - \frac{2}{n} \right\}.$$

Ist die Voraussetzung bezüglich n nicht erfüllt, so gibt (2) doch auf alle Fälle richtig an, welcher Brechungsindex von zwei verschiedenen Zylinderlinsen der größere ist. Dies wird im folgenden verwertet.

[1]) Chwolson, Lehrb. d. Phys. 1904, Bd. 2, S. 350.

Setzt man in dem Klammerausdruck von (2) $n = 1 + \varepsilon$, entwickelt nach ε und vernachlässigt höhere Potenzen von ε, so wird derselbe $= 1$, und es ist:

(3) $$n^2 = \frac{2R'}{R}\,; \qquad n = \sqrt{\frac{2R'}{R}}\,.$$

Zur Messung von R und R' diente ein Okularmikrometer. R' wurde nicht direkt gemessen durch Einstellung auf den Hauptbrennpunkt C (Fig. 1), sondern es wurde so eingestellt, daß der helle Streifen am schmalsten erscheint, wobei er am deutlichsten ist. Ist b die halbe Breite dieser engsten Einschnürung, so ist[2])

(4) $$R' = 4\,b$$

folglich:

(5) $$n = \sqrt{\frac{8\,b}{R}}\,.$$

Nach dieser Formel sind die Werte der folgenden Tabellen berechnet.

Um die Methode auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen, wurden zunächst b und R an Glasfäden von verschiedener Dicke aber aus demselben Glas gemessen. Die Längenangaben sind in Skalenteilen des Okularmikrometers ohne Umrechnung auf die wirklichen Maße gemacht. Die Glasfäden waren in Wasser gelegt, die Werte von n beziehen sich also auf Wasser.

Tab. 1.

$2R$	$2b$	n
2,1	0,5	1,38
9	2,2	1,38
12	2,85	1,37
22	5,2	1,38

[2]) Vgl. z. B. A. Gleichen, Lehrb. d. geom. Optik. (Teubner, 1902.) S. 123.

Die Werte für den Brechungsindex des Glases sind, wie nach dem oben Gesagten zu erwarten war, zu groß, stimmen aber untereinander gut überein, was im folgenden allein wesentlich ist.

Nach eben dieser Methode wurde nun auch der Brechungsindex des ordentlichen Strahles bei einer Reihe von Myelinformen des Ammoniumoleats bestimmt. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Zahlen gelten für den Brechungsindex gegen Wasser.

Tab. 2

Nr.	$2R$	$2b$	n	$2t$[1])
1	3	1,3	1,7	0,1
2	5	1,9	1,6	0,1
3	6	1,92	1,52	0,1
4	6,5	1,93	1,5	0,1
5	7,5	2,56	1,5	0,1
6	8	2,2	1,49	0,1
7	10	2,6	1,42	0,1
8	13	3,2	1,38	0,2
9	15	3,5	1,36	0,1
10	15	3,6	1,3	0,1
11	5	1,0	1,24	0,1
12	7	1,38	1,20	0,1
13	8	1,3	1,13	—
14	11	1,75	1,128	0,1
15	12	1,9	1,128	0,1
16	16	2,6	1,12	0,1
17	18	2,6	1,06	0,1

[1]) Die Größe t wird in § 3 erklärt und verwertet.

Die Tabelle 2 zeigt, daß der Brechungsindex von Myelinformen nicht konstant ist. Dieses Resultat war auf Grund der O. Lehmannschen Resultate über Myelinformen vorauszusehen. Ihnen gemäß[1]) ist die Dicke der zylindrischen Myelinform bedingt durch das Mischungsverhältnis der beiden Molekülarten[2]), und außerdem zeigt die Mischung der beiden flüssig-kristallinen Hydrate des Ammoniumoleats, welche hier in Betracht kommen, um so kleineren Brechungsindex, je mehr sie von dem wasserreicheren Hydrat enthalten[3]). Demnach müssen Myelinformen von verschiedener Dicke auch verschiedene Brechungsindizes zeigen. Die Angaben der Tabelle 2 sind nach fallenden Werten des Brechungsindex geordnet. Es ist auffällig, daß die zugehörigen Radien der Myelinkristalle nicht in gleichem Sinne abnehmen, sondern etwa bei $R = 15$ ein Maximum aufweisen. Hierauf sowie auf die Berechnung der Absolutwerte des Brechungsindex n wird in § 7—10 näher eingegangen werden.

§ 3. Um den Verlauf der senkrecht zur Querschnittsebene polarisierten, außerordentlichen Strahlen zu konstruieren, zerlegen wir den Querschnitt, wie in § 1 angegeben, in ein Aggregat von Keilen und zwar so, daß in jedem einzelnen Keil die optische Achse parallel dem einen Schenkel des brechenden Winkels gerichtet ist. Da somit alle optischen Achsen in einer Ebene liegen, so folgt aus der Huyghensschen Konstruktion, daß jeder außerordentliche Strahl, von dem ein beliebig kleines Stück in der Querschnittsebene verläuft, nach beliebiger Brechung niemals aus derselben heraustreten kann.

Da ferner die Richtung der optischen Achse von Punkt zu Punkt sich stetig ändert, so muß auch die Geschwindigkeit des außerordentlichen Strahls von Punkt zu Punkt stetig wechseln. Mithin muß er eine stetige und stetig gekrümmte Kurve beschreiben. Seien ϱ der Radius Vektor

---

1) O. Lehmann, Phys. Zeitschr. 14, 1132, 1913. Prometheus 1913, Jahrg. XXV, 1, 2, Nr. 1249, 1250.

2) S. a. § 5 u. Verh. d. d. phys. Ges. **16**, 443, 1914.

3) O. Lehmann, Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. 1913, Nr. 13, S. 21/22.

und ω der (von einer beliebigen Nullage ab gerechnete) Winkel eines Polarkoordinatensystems, das den Querschnittsmittelpunkt zum Anfangspunkt hat, so kann diese Kurve dargestellt werden durch die Gleichung:

$$\varrho = f(\omega). \tag{1}$$

Dabei ist $f(\omega)$ eine stetige und differenzierbare Funktion. Sie besitzt also für einen Winkel ω_0 ein Minimum $\varrho_0 = f(\omega_0)$, wobei

$$\left(\frac{df}{d\omega}\right)_{\omega_0} = 0 \tag{2}$$

ist. Die Tangente der Kurve steht daher in diesem Punkte $(\varrho_0\, \omega_0)$ senkrecht zum Radius Vektor und damit auch zur optischen Achse. Um den Verlauf des außerordentlichen Strahls genauer zu analysieren, beginnen wir die Untersuchung mit dem Keil, dessen optische Achse das Azimut ω_0 hat. Der außerordentliche Strahl verläuft also in zur optischen Achse senkrechter Richtung. Trifft er nun auf die Grenzfläche des anstoßenden Prismas, so tritt er in ein Medium mit anders orientierter Schnittellipse ein. Die Huyghenssche Konstruktion ergibt, daß er dabei dem Einfallslote zugebrochen wird.

Dieselbe beruht auf dem Prinzip, daß die Elementarwelle, welche vom Punkt P aus (Fig. 2) in das zweite Medium eintritt, stets kongruent sein muß der vom Punkt Q im ersten Medium ausgehenden, da die optischen Konstanten der Substanz in beiden Fällen die gleichen sind. Dagegen erscheinen die Hauptachsen der Elementarwelle im zweiten Medium gegen die im ersten gedreht, da dies mit den optischen Achsen A_1 bezw. A_2 der Fall ist. Die Welle, welche im ersten Medium von Q nach R gelangt ist, ist also um P als Mittelpunkt im zweiten Medium mit der neuen optischen Achse A_2 als Richtung der kleinen Halbachse zu beschreiben. Die Tangente von R an diese Ellipse P gibt die Wellenebene im zweiten Medium.

Für die Richtung des gebrochenen Strahles PS sind nun 3 Fälle möglich: 1. Fällt auf A_2 die kleine Halbachse der

Ellipse P (negative Doppelbrechung), so wird PS dem Einfallslot zugebrochen. 2. Fällt auf A_2 die große Halbachse (positive Doppelbrechung), so wird PS vom Einfallslot weggebrochen. 3. Sind beide Halbachsen einander gleich, so behält PS die Richtung des einfallenden Strahles. An der Grenzfläche jedes weiteren Keils liefert die nämliche Konstruktion wieder dieselbe Unterscheidung (Fig. 3). Es gilt somit die folgende Regel:

Verfolgt man den außerordentlichen Strahl vom Punkt größter Annäherung an den Mittelpunkt aus nach beiden Richtungen, so wird er in negativer Substanz bei jedem Eintritt in ein neues Prisma dem Lote zugebrochen, in positiver Substanz dagegen vom Lote weggebrochen. Seine Krümmung erfolgt also stets in einem und demselben Sinne. Er ist überdies eine monoton gekrümmte Kurve: Die Krümmung in einem Punkte des Strahls ist um so kleiner, je weiter derselbe vom Mittelpunkt entfernt ist. Der Punkt größter Annäherung an den Mittelpunkt soll Scheitel genannt werden. Liegen die Scheitel zweier Strahlen auf einem Radius, so sind die beiden Winkel, unter denen sie einen beliebigen andern Radius schneiden, stets einander gleich, wie aus der Konstruktion desselben folgt. D. h. alle Strahlen, deren Scheitel auf einem Radius liegen, sind einander ähnlich und ähnlich gelegen (Fig. 4).

Tritt nun der außerordentliche Strahl wieder aus dem Myelinkristall aus, so folgt aus den Stetigkeitseigenschaften seines Verlaufs im Kristall, daß seine Richtung nach dem Austritt eine stetige und differenzierbare Funktion des Einfallswinkels auf der Vorderseite der Zylinderlinse sein muß. Läßt man paralleles Licht einfallen, so bedeutet dies, daß die austretenden Strahlen eine Enveloppe, d. h. eine Kaustik, einhüllen müssen. Ist die Substanz negativ doppelbrechend, so muß die Spitze derselben, d. h. der Hauptbrennpunkt des austretenden Bündels, näher bei der Myelinform liegen als der Hauptbrennpunkt der ordentlichen Strahlen, wie aus der Krümmung der außerordentlichen Strahlen folgt. Nach dem in § 2 Gesagten muß diese Kaustik im Mikroskop

wieder je nach der Tubusstellung zwei bezw. einen hellen Streifen erzeugen. In der Tat zeigt eine Myelinform in senkrecht zum Querschnitt polarisiertem Licht wieder die beiden mit der Tubusstellung variierenden hellen Streifen, und zwar ist die Tubusstellung tiefer als beim ordentlichen Strahl.

Es sind nun noch (in negativer Substanz) diejenigen außerordentlichen Strahlen zu berücksichtigen, welche im Innern total reflektiert werden[1]). Sei α der Einfallswinkel auf der Vorderseite, β derjenige auf der Rückseite der Myelinform, dann ist infolge der Stetigkeitseigenschaften des außerordentlichen Strahls β eine stetige und differenzierbare Funktion von α:

$$(1) \qquad \beta = F(\alpha).$$

β besitzt also im Intervall $(0, \frac{\pi}{2})$ ein Maximum β_0 bei einem Winkel α_0. Wenn nun β_0 größer ist als der Grenzwinkel der totalen Reflexion, so läßt sich zu beiden Seiten des Strahls mit dem Einfallswinkel α_0 ein Bündel abgrenzen, innerhalb dessen alle Strahlen an der Rückseite der Myelinform total reflektiert werden.

Ein total reflektierter Strahl verläuft nun nach der Reflexion genau symmetrisch zu seinem Weg vor derselben. Symmetrieachse ist der durch den Umkehrpunkt gehende Radius (Fig. 5). Daraus folgt, daß eine zweite totale Reflexion unmöglich ist, und der Strahl unter einem Brechungswinkel austritt, der seinem Einfallswinkel α gleich ist. Die nach einmaliger totaler Reflexion austretenden Strahlen ändern daher wiederum stetig ihre Richtung mit dem Einfallswinkel α; sie hüllen daher nach der obigen Überlegung ihrerseits eine Kaustik ein.

---

[1]) Totale Reflexion kann eintreten, wenn der Punkt M_1, nach welchem die optischen Achsen radial gerichtet sind, nicht genau zusammenfällt mit dem Mittelpunkt M des kreisförmigen Querschnitts der Myelinform (Fig. 5) oder, wenn der Querschnitt schwach elliptisch ist.

Man beobachtet bei manchen Myelinformen im Mikroskop zwei feine helle Linien, deren gegenseitige Lage in der charakteristischen Weise von der Tubusstellung abhängt; sie rühren also von einer Kaustik her. Ihr Licht ist außerdem vollkommen polarisiert senkrecht zum Querschnitt, kann also nur von außerordentlichen Strahlen herstammen. Da aber in dieser Polarisationsrichtung schon zwei andere, breitere Streifen auftraten (bei höherer Tubusstellung), so muß angenommen werden, daß diese den direkten, jene den total reflektierten außerordentlichen Strahlen zugehören.

Es kann vorkommen, daß die feine helle Linie von einem eingeschlossenen Faden isotroper Mutterlauge herrührt[1]), ist aber dann nicht polarisiert. Zuweilen können sich auch beide Erscheinungen überdecken. Da die feine Linie sehr scharf hervortritt, so kann sie als bequemes Hilfsmittel dienen, um die Schwingungsrichtung des Polarisators senkrecht oder parallel zur Querschnittsebene einzustellen.

Die außerordentlichen Strahlen sind einander ähnliche Kurven (Fig. 4). Die Breite des einfallenden Bündels, welches total reflektiert wird, ist daher proportional dem Radius des Querschnitts. Stellt man auf den Hauptbrennpunkt der zugehörigen Kaustik ein, so muß folglich auch die halbe Streifenbreite t proportional dem Radius sein, d. h.

$$\frac{t}{R} = \text{const.} \tag{2}$$

Diese Beziehung bestätigt sich nicht. Es ist vielmehr t bei dicken Myelinformen nicht größer als bei dünnen (vgl. Tab. 2 S. 12). Daraus folgt, daß die Doppelbrechung bei Myelinformen von verschiedener Dicke verschieden sein muß in Übereinstimmung mit dem in § 2 gefundenen.

§ 4. Die Überlagerung der dem ordentlichen bezw. außerordentlichen Strahl zugehörigen Erscheinungen läßt in natürlichem Licht helle und dunkle Streifen auftreten, deren

[1]) O. Lehmann, Sitzungsber. d. Heidelb. Akad., 1911, Nr. 22, p. 24; 1913, Nr. 13, p. 22. Prometheus, l. c. »Die Neue Welt«, p. 264, 265.

Zahl, Lage und Schattierung mit der Tubusstellung variiert. Man kann an ein und demselben Myelinkristall bei immer tieferer Tubusstellung der Reihe nach alle drei im vorigen besprochenen Kaustiken mit ihren charakteristisch variierenden hellen Streifen zur Erscheinung bringen (vgl. auch Fig. 6). Dabei findet man, daß die Hauptbrennweite der außerordentlichen Strahlen kleiner ist als die der ordentlichen. Nach § 3 ist dies bei negativ doppeltbrechenden Substanzen der Fall; die Myelinformen des Ammoniumoleats sind also negativ.

B. Zusammenhang der optischen und mechanischen Konstanten von Myelinkristallen mit dem Mischungsverhältnis ihrer Komponenten.

§ 5. Wie bereits oben S. 5 angegeben, sind die Myelinformen des Ammoniumoleats Mischkristalle. O. Lehmann[1]) nimmt nämlich in denselben zwei Hydrate des Ammoniumoleats an. In der Richtung der Längsachse der Myelinform wirkt nach seiner Ansicht eine Kraft, welcher der durch die halbkugeligen Enden ausgeübte Kapillardruck das Gleichgewicht hält und aufzufassen ist als Wirkung der Expansivkraft, der Turgorkraft und der molekularen Richtkraft. Ihre Größe ist eindeutig bestimmt durch das Mischungsverhältnis der beiden Hydrate und muß sich aus demselben nach den thermodynamischen Hauptsätzen berechnen lassen.

Ist das gegenseitige Größenverhältnis von Wassergehalt und Längskraft gefunden, so wird es möglich, durch Untersuchung des mechanischen Verhaltens der Myelinformen ihr Mischungsverhältnis zu bestimmen. Es kann also dann Ammoniumoleat mit demselben Wasserzusatz versehen und daran nach gebräuchlichen Methoden Bestimmung der optischen Konstanten vorgenommen werden.

[1]) O. Lehmann, Ann. d. Phys., 43, 118, 1914 und 47, 832, 48, 182, 1915. Ferner: Die Lehre von den flüssigen Kristallen und ihre Beziehung zu den Problemen der Biologie. Sonderabdruck aus den »Ergebnissen der Physiologie« von L. Asher u. K. Spiro, Bd. 16, 482, 1917.

§ 6. Zu der gesuchten numerischen Beziehung zwischen Wassergehalt und der aus Expansivkraft und molekularer Richtkraft resultierenden Längskraft führen die thermodynamischen Potentiale. Wir denken uns einen geradzylindrischen Myelinkristall aus Ammoniumoleat allseitig von Wasser umgeben. Er sei an beiden Enden frei, d. h. halbkugelig abgerundet.

Das so definierte System enthält drei Molekülarten, nämlich die beiden Hydrate des Ammoniumoleats und Wasser, deren Mengen der Reihe nach mit m_1, m_2, m_3 bezeichnet werden sollen. Das System zerfällt außerdem in zwei Phasen: den Myelinkristall und das umgebende Wasser.

Demnach zerlegen sich die Energie U, die Entropie S und das erste thermodynamische Potential ξ des Systems jeweils in zwei den einzelnen Phasen zugehörige Glieder:

$$(1) \qquad U = U' + U'', \quad S = S' + S'', \quad \xi = \xi' + \xi''.$$

Die auf den Myelinkristall bezogene Funktion ξ' ist daher definiert als:

$$(2) \qquad \xi' = U' - S'T\,,$$

wo T die absolute Temperatur des Systems ist.

Bei irgend einem unendlich kleinen Prozeß unseres Systems vermag sich der Energieinhalt U' des Myelinkristalls auf drei verschiedene Arten zu ändern:

1. Es wird die mechanische Arbeit da geleistet. Dieselbe soll positiv oder negativ gerechnet werden, je nachdem sie von den am Myelinkristall angreifenden äußeren Kräften[1]) oder gegen dieselben geleistet wird.

2. Es wird vom Myelinkristall die Wärmemenge dQ' aufgenommen oder abgegeben. Im ersten Fall soll dQ' positiv, im zweiten negativ gerechnet werden.

---

[1]) Als solche sind die Kapillarkräfte oder auch (orientierende) Adhäsionskräfte des Glases zu behandeln.

3. Infolge von Umwandlung von Molekülen des einen Hydrats in solche des anderen wird die Wärmemenge $d\Pi$ gebunden oder frei. Im ersten Fall ist $d\Pi$ positiv, im zweiten negativ.

Demnach gilt allgemein:

$$dU' = da + dQ' + d\Pi. \tag{3}$$

Nach (2) ist ferner:

$$d\xi' = dU' - TdS' - S'dT. \tag{4}$$

Gemäß der Definition der Entropie S' ist

$$TdS' = dQ' = dU' - da - d\Pi, \tag{5}$$

also:

$$d\xi' = dU' - dU' + da + d\Pi - S'dT, \tag{6}$$

$$d\xi' = da + d\Pi - S'dT. \tag{7}$$

Da $d\Pi$ von der Änderung der Molekülzahlen m'_1, m'_2 abhängt, so kann gesetzt werden

$$d\Pi = M_1\, dm'_1 + M_2\, dm'_2\,. \tag{8}$$

Als äußere Kräfte kommen nur der vom umgebenden Wasser ausgeübte hydrostatische Druck P und die von den halbkugeligen Enden in der Längsrichtung erfolgende Kapillarkraft p in Betracht. Ist l die Länge, V das Volumen der Myelinform, so ist darnach die äußere Arbeit da:

$$da = p\,dl + P\,dV \tag{9}$$

Nach (7) ist also

$$d\xi' = p\,dl + P\,dV + M_1\, dm'_1 + M_2\, dm'_2 - S'dT. \tag{10}$$

Die Funktion ξ' hängt also von den Variablen ab:

$$m'_1,\ m'_2,\ T,\ P,\ p,\ V,\ l. \tag{11}$$

Die Funktion ξ'' hängt, da sie sich auf das umgebende Wasser bezieht, nur ab von

$$(12) \qquad m''_3, \ T, \ P.$$

Das Potential $\xi = \xi' + \xi''$ des vorgelegten Systems enthält somit die Parameter:

$$(13) \qquad m'_1, \ m'_2, \ m''_3, \ T, \ P, \ p, \ V, \ l.$$

Führt man das zweite thermodynamische Potential ζ ein nach [1])

$$(14) \qquad \zeta = \xi - pl - \acute{P} V,$$

so enthält es dieselben Variablen (13). Dies sind also die den thermodynamischen Zustand bestimmenden Parameter des Systems.

Es sind nun die unabhängigen Parameter zu bestimmen d. h. diejenigen, welche, wenn willkürlich vorgeschrieben, die Werte der übrigen, also den gesamten thermodynamischen Zustand eindeutig bestimmen.

Der allseitige Druck P kann bei allen Beobachtungen als konstant gelten, scheidet also als Parameter aus.

Von den drei Variablen p, l, V ist eine durch die beiden andern bestimmt. Denn wenn R der Zylinderradius und a die Kapillarkonstante von wässerigem Ammoniumoleat gegen Wasser bedeuten, so ist

$$(15) \qquad p = 2\pi\, a R$$

ferner

$$(16) \qquad V = R^2 \pi\, l$$

also

$$(17) \qquad V = \frac{p^2\, l}{4a^2\pi}.$$

[1]) Voigt: Thermodynamik Bd. I Göschen, Sammlung Schubert XXXIX, S. 295.

Durch die Variablen

(18) $$m'_1,\ m'_2,\ m''_3,\ T,\ p,\ l$$

sind also gewiß alle übrigen Parameter bestimmt.

Offenbar besteht unser System nur aus zwei unabhängigen Bestandteilen. Denn ist beispielsweise die in der Myelinform vorhandene Menge des ersten Hydrats m'_1 sowie des Wassers m'_3 bekannt, so ist dadurch auch die Menge des zweiten Hydrats m'_2 bestimmt. Seien m''_1, m''_2, m''_3 die in der zweiten Phase (dem Wasser) enthaltenen Substanzmengen (so daß $m_1' = m_1$, $m_1'' = 0$; $m'_2 = m_2$, $m_2'' = 0$; $m_3' + m_3'' = m_3$), und sei das zweite thermodynamische Potential ζ in seine den beiden Phasen zugehörigen Glieder zerlegt $\zeta = \zeta' + \zeta''$. Dann gelten für 2 Komponenten in 2 Phasen die Bedingungsgleichungen[1]):

(19) $$\frac{d\zeta'}{dm_1'} = \frac{d\zeta''}{dm_1''}, \qquad \frac{d\zeta'}{dm_3'} = \frac{d\zeta''}{dm_3''}.$$

Die Zahl der noch willkürlichen Parameter (18) wird durch dieselben auf 4 eingeschränkt. Es können als solche dienen

(20) $$m'_1,\ m'_3,\ T,\ p.$$

Es seien nun dm'_1, dm'_3, dT, dp die bei irgend einer Verschiebung des Gleichgewichts eintretenden Parameteränderungen. Ferner seien Q, s bei einer virtuellen Zustandsänderung (unter konstanten T, p) das Verhältnis der von außen zugeführten Wärme bezw. der Längenänderung der Myelinform zur ausgetretenen Menge Wasser, ferner $q = m'_1 \frac{d^2\zeta}{dm'_1\, dm'_3}$. Dann gilt[2])

(21) $$\frac{Q}{T^2}\, dT - \frac{s}{T}\, dp - q\left(\frac{1}{m'_1} - \frac{m'_3}{m'^2_1}\frac{dm'_1}{dm'_3}\right) dm'_3 = 0$$

oder abgekürzt:

(22) $$\frac{Q}{T^2}\, dT - \frac{s}{T}\, dp - \psi\, dm'_3 = 0.$$

---

1) Planck: Vorl. über Thermodynamik, 3. Aufl., 1911, § 201.

2) Planck, l. c., Kap. 3.

Wird die Temperatur konstant gehalten, so ist, wenn $m'_3 = w$ zur Abkürzung eingeführt wird:

$$\frac{s}{T} \cdot dp = -\psi \, dw. \tag{23}$$

Die Längskraft p' ist entgegengesetzt gleich dem Kapillardruck p, der von den halbkugeligen Enden ausgeübt wird. Somit ist die Beziehung gewonnen, welche zwischen dem Mischungsverhältnis w und der Längskraft p' verschiedener Myelinformen bestehen muß:

$$\frac{s}{T} \cdot dp' = \psi \, dw. \tag{24}$$

Vergleicht man die Längskraft p'_2 eines Myelinkristalls vom Wassergehalt w_2 mit der entsprechenden Größe p'_1 eines andern Myelinkristalls vom Wassergehalt w, so ist

$$p'_2 - p'_1 = \frac{\psi T}{s} (w_2 - w_1) \tag{25}$$

(falls die Differenz $w_2 - w_1$ nicht sehr groß ist, so daß $\frac{\varphi T}{s}$ in diesem Intervall als konstant betrachtet werden darf). Für einen weiteren Myelinkristall gilt

$$p'_3 - p'_2 = \frac{\psi T}{s} (w_3 - w_2) \tag{26}$$

folglich

$$(p'_3 - p'_2) : (p'_2 - p'_1) = (w_3 - w_2) : w_2 - w_1) \tag{27}$$

oder mit den Abkürzungen

$$p'_3 - p'_2 = \Delta_2 p', \; p'_2 - p'_1 = \Delta_1 p', \; w_3 - w_2 = \Delta_2 w, \; w_2 - w_1 = \Delta_2 w, \tag{28}$$

$$\Delta_2 p' : \Delta_1 p' = \Delta_2 w : \Delta_1 w \; . \tag{29}$$

Anstelle von p' kann nach (15) der Radius des Myelinkristalls eingeführt werden, so daß

$$\Delta_2 R : \Delta_1 R = \Delta_2 w : \Delta_1 w \; . \tag{30}$$

Es ist also möglich, durch Messung der Dicke den Wassergehalt einer Myelinform zu bestimmen, allerdings nur relativ zu einem willkürlichen Vergleichskristall. Die Berechnung wird in § 9 an den in Tabelle 2 S. 12 angegebenen Werten ausgeführt werden, nachdem zuvor noch eine Methode gewonnen ist, um über den absoluten Wert des Mischungsverhältnisses w Aufschluß zu erhalten.

§ 7. Wasserhaltiges Ammoniumoleat unterscheidet sich von einem Myelinkristall (vorausgesetzt, daß der Wassergehalt gerade gleich sei) nur dadurch, daß die für Myelinkristalle charakteristische regelmäßige Anordnung der Moleküle fehlt. Während dort der Expansivkraft, Turgorkraft und molekularen Richtkraft das Gleichgewicht gehalten wird durch den Kapillardruck, so haben wir hier nach O. Lehmanns Untersuchungen über die Struktur flüssiger Kristalle[1]) die Moleküle der Substanz unter der Wirkung gegenseitig aufeinander ausgeübter Kräfte in stabilen Gleichgewichtslagen zu denken nach Art, wie sie bei astatischen Magnetsystemen auftreten würden[2]). Die mannigfachen stabilen Anordnungen der Moleküle, die so möglich sind (z. B. Fächerstrukturen, konische Störungen usw.), sind von O. Lehmann angegeben.

Wir betrachten nun ein Volumelement in Gestalt eines Parallelepipeds. Die infolge der eben genannten Kraftwirkungen an demselben angreifenden Kräfte lassen sich zerlegen in die 6 Komponenten eines Spannungstensors:

(1) $$X_x, \ X_y, \ X_z, \ Y_y, \ Y_z, \ Z_z,$$

die wir auch der Reihe nach als

(2) $$X_1, \ X_2, \ X_3, \ X_4, \ X_5, \ X_6$$

schreiben.

[1]) Sitzungsber. d. Heidelb. Akad., 1913, Nr. 13, S. 16/17. Prometheus, l. c. »Die neue Welt«, S. 17—29.

[2]) »Die neue Welt«, S. 343—367.

Werden von den Spannungen (2) alle konstant gehalten bis auf eine, X_i, so liefert eine der im vorigen § 6 analoge Ableitung die zu (23) § 6 entsprechende Beziehung zwischen der Spannung X_i und dem Wassergehalt $m'_3 = w$

$$\frac{s'}{T} dX_i = -\psi' dw . \tag{3}$$

Dabei sind s', ψ' analog definiert wie die Größen s, ψ in (23) § 6, haben aber andere Werte. Wird also die kristalline Flüssigkeit infolge äußerer Kräfte in Strömung versetzt[1]), so muß damit auch eine molekulare Veränderung einhergehen (die mit Aufhören der Kraft natürlich rückgängig wird).

Nehmen wir nun zunächst an, es sei auf irgend eine Art bewirkt, daß bei der Strömung keinerlei Änderung des Wassergehaltes w eintrete, dann ist das am Volumelement angreifende Spannungssystem ohne thermodynamische Bedeutung und rein nach den Regeln der Hydrodynamik zu bezeichnen. Lassen wir andererseits auch molekulare Veränderungen zu, so sind die Komponenten des Spannungstensors zugleich auch thermodynamische Parameter.

Die wirklich eintretende Strömungsbewegung ist somit eine Superposition aus zwei Bewegungen. Die Parameter der einen dieser Bewegungen haben keinerlei Beziehung zum thermodynamischen Zustand, dagegen sind die der zweiten Art wirklich thermodynamische Zustandsvariable.

Seien die Spannungskomponenten

$$X_x', \ X_y', \ X_z', \ Y_y', \ Y_z', \ Z_z' \tag{4}$$

Parameter der ersten Strömungsart, ferner

$$u, \ v, \ w \tag{5}$$

die Geschwindigkeitskomponenten der wirklich vorhandenen Strömung. Dann gilt[2]) für X_x', X_y' und analog für die übrigen Größen (4)

---

[1]) Siehe O. Lehmann, Ann. d. Phys., **56**, 321; **57**, 244, 1918.

[2]) Vgl. z. B. Enz. d. math. Wiss., IV, 15. Hydrodynamik, Nr. 12.

(6) $X_x' = -p - \frac{2\nu}{3}\Theta + 2\nu\frac{\partial u}{\partial x}$, u. 2 weitere Gl. f. Y_y', Z_z',

(7) $X_y' = \nu\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)$, u. 2 weitere Gl. f. X_z', Y_z',

wobei p der Druck und ν der Reibungskoeffizient ist, ferner

(8) $$\Theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}.$$

Seien weiterhin

(9) $$X_x'', \; X_y'', \; X_z'', \; Y_y'', \; Y_z'', \; Z_z''$$

die Spannungen, welche Parameter der zweiten Strömungsart sind. Dann gilt:

(10) $$X_x'' = \lambda\,\Theta + 2\,\lambda'\frac{\partial u}{\partial x}, \text{ usw.}$$

(11) $$X_y'' = \lambda'\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right), \text{ usw. },$$

wobei jetzt λ, λ' wesentlich von der molekularen Struktur und dem Wassergehalt abhängen.

Die bei der Strömung u, v, w wirklich auftretenden Spannungen

12) $$X_x, \; X_y, \; X_z, \; Y_y, \; Y_z, \; Z_z$$

müssen sich sowohl aus (10), (11) als aus (6), (7) zusammensetzen, da die Bewegung eine Superposition aus zweien ist. Demgemäß ist

(13) $$X_x = X_x' + X_x'', \text{ usw.}$$

und nach (10), (11), (6), (7)

(14) $$\begin{cases} X_x = -p + \left(-\frac{2\nu}{3} + \lambda\right)\Theta + 2(\nu + \lambda')\frac{\partial u}{\partial x}, \text{ usw.} \\ X_y = (\nu + \lambda')\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right), \text{ usw.} \end{cases}$$

Hieraus folgen die Bewegungsgleichungen (im Falle stationärer Bewegung und kleiner Geschwindigkeiten)[1]):

$$(15)\quad \begin{cases} -\frac{\partial p}{\partial x}+\left(\frac{\nu}{3}+\lambda+\lambda'\right)\frac{\partial \Theta}{\partial x}+(\nu+\lambda')\,\Delta u+s\,X=0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y}+\left(\frac{\nu}{3}+\lambda+\lambda'\right)\frac{\partial \Theta}{\partial y}+(\nu+\lambda')\,\Delta v+s\,Y=0 \\ -\frac{\partial p}{\partial z}+\left(\frac{\nu}{3}+\lambda+\lambda'\right)\frac{\partial \Theta}{\partial z}+(\nu+\lambda')\,\Delta w+s\,Z=0\,, \end{cases}$$

wobei s die Dichte ist und

$$\Delta u=\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\,;\quad \Theta=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}\,.$$

Bei den hier besonders in Betracht kommenden Strömungen durch Kapillarröhren ist Θ in der ganzen Kapillare konstant $=0$, also $\frac{\partial \Theta}{\partial x}=0$, usw. Wird ferner die x-Achse in die Richtung der Kapillare verlegt, so reduzieren sich die Bewegungsgleichungen (15) auf

$$(16)\qquad (\nu+\lambda')\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}=\frac{1}{s}\frac{\partial p}{\partial x}\,.$$

Wird also nach der Poisseuilleschen Methode der Reibungskoeffizient von Hydraten des Ammoniumoleats bestimmt (vgl. den folgenden § 8), so erhält man die Größe $\eta=\nu+\lambda'$, in welcher das Glied λ' vom Wassergehalt w abhängig ist. Für die drei Mischungsverhältnisse w_1, w_2, w_3 erhält man die Werte

$$(17)\qquad \eta_1=\nu+\lambda'_1 \qquad \eta_2=\nu+\lambda'_2 \qquad \eta_3=\nu+\lambda'_3$$

also[2])

$$(18)\qquad \Delta_1\eta=\Delta_1\lambda'\;,\quad \Delta_2\eta=\Delta_2\lambda'\;.$$

Sind $X_i^{(0)}$, $X_i^{(1)}$, $X_i^{(2)}$ die Spannungen, welche bei den drei verschiedenen Mischungsverhältnissen denselben Strömungs-

[1]) Enz. d. math. Wiss., l. c.

[2]) Bezüglich der Abkürzung $\Delta_1\eta$ usw. vgl. § 6.

zustand aufrecht erhalten, so ist wegen (14), wo $\Theta = 0$ zu setzen ist:

$$(19) \qquad \Delta_1 X_i = \Delta_1 \eta \cdot \frac{\partial u}{\partial x}\text{, usw.}$$

Also gilt z. B. für die in der Längsrichtung des Elementarparallelepipedons wirkende Spannung X_1:

$$(20) \qquad \Delta_1 X_1 : \Delta_2 X_1 = \Delta_1 \eta : \Delta_2 \eta\ .$$

Nach (3) ist auch

$$(21) \qquad \Delta_1 X_1 : \Delta_2 X_1 = \Delta_1 w : \Delta_2 w\ .$$

Wählt man die Werte w_1, w_2, w_3 gleich den in (30) § 6, so gilt nach (30) § 6

$$(22) \qquad \Delta_2 R : \Delta_1 R = \Delta_2 \eta : \Delta_1 \eta\ .$$

Bestimmt man also für wasserhaltiges Ammoniumoleat von verschiedenem Wassergehalt w_1, w_2, w_3 die Reibungskoeffizienten η_1, η_2, η_3, so kann man aus dieser Gleichung die Radien R_1, R_2, R_3 der Myelinformen von gleichem Wassergehalt w_1, w_2, w_3 und Brechungsindex berechnen, vorausgesetzt, daß der Radius R_0 der Myelinform vom Mischungsverhältnis w_0 bekannt ist. Man hat also nur das Mischungsverhältnis bezw. den Brechungsindex einer Myelinform auf direktem Weg zu bestimmen. Um dies auszuführen benützt man die Tatsache, daß die in Tab. 2 § 2 eingetragenen und nach Formel (5) § 2 berechneten Werte von n dann den Brechungsindex der betreffenden Myelinform richtig angeben, wenn n nahezu gleich 1 ist. Demnach hat die Myelinform vom Radius 18 den Brechungsexponent 1,06. Man setzt nun zu wasserfreiem Ammoniumoleat soviel Wasser, daß der Brechungsindex[1]) der gleiche wird und hat in dem so gefundenen Wassergehalt den Wert w für die Myelinform.

---

[1]) Derselbe wurde bestimmt mit dem Abbeschen Totalreflektometer.

§ 8. Die nach dem vorigen nötigen Messungen wurden folgendermaßen ausgeführt:

Man verreibt eine gewogene Menge wasserfreien Ammoniumoleats[1]) mit Wasser (das mit Ammoniak gesättigt ist) und wägt das entstandene Produkt wieder, woraus sich der Wassergehalt w berechnen läßt. Der Brechungsindex wird mit Hilfe eines Abbeschen Totalreflektometers bestimmt. Zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten bringt man in eine dickwandige Kapillare einen Faden der Substanz und treibt denselben vermittelst angesetzter Pumpe vom einen Ende zum andern. Die Zeit, welche er braucht, um den Weg zwischen zwei an der Kapillare angebrachten Marken zurückzulegen, wird mittels einer Stechuhr gemessen.

Diese Methode gestattet, mit sehr geringen Substanzmengen zu arbeiten. Andere, bei gewöhnlichen Flüssigkeiten üblichen Methoden, bei welchen etwa aus einem weiteren Gefäß die Flüssigkeit in die Kapillare eintritt, leiden an erheblichen Fehlerquellen, wenn flüssig-kristalline Substanzen von verhältnismäßig großer Zähigkeit untersucht werden sollen: Es bleiben nämlich Teile derselben an den Wänden des Gefäßes haften, wodurch die Durchflußzeit gefälscht wird. Diese Fehlerquellen können bei der »Fadenmethode« genau kontrolliert und ausgeschaltet werden. Daß dieselbe einwandfreie Resultate liefert, wurde erprobt an Wasser und Alkohol, deren Reibungskoeffizienten sich auf 4 Dezimalen übereinstimmend mit den aus den »Phys.-chem. Tabellen« von Landolt-Börnstein entnommenen Werten ergaben.

Ist r der Radius der Kapillare, p der Druck, l die Länge des Fadens, L der Abstand zwischen den beiden Marken und τ die Zeit von dem Moment, wo das hintere Ende des Fadens die erste Marke passiert, bis das vordere Ende zur zweiten Marke gelangt, dann ist der Vorgang derselbe, als ob aus einer Kapillare von der Länge l das Flüssigkeitsvolumen

$$v = (L - l)\, r^2 \pi \tag{1}$$

---

[1]) Hergestellt durch Einleiten von Ammoniak in Ölsäure bei ca. 50°.

ausgeflossen wäre. Dasselbe ist aber nach Poisseuille[1])

$$(2)\qquad w = \frac{1}{\eta}\,\frac{\pi}{8}\,\frac{r^4}{l}\,p\,\tau\,,$$

worin η der Reibungskoeffizient ist. Aus (1), (2) folgt:

$$(3)\qquad 8\,\eta = \frac{r^2 p\,\tau}{l(L-l)}\;.$$

Die Durchflußzeit τ ist zu Anfang des Versuchs zu hoch, weil die Wände der Kapillare sich zuerst mit einer Flüssigkeitsschicht überziehen müssen, bevor der Poisseuillesche Strömungszustand eintritt. Nach mehrmaligem Hin- und Herschieben des Fadens nimmt τ konstante Werte an. Was jetzt noch an Schwankungen auftritt, hat einerseits Änderungen der Fadenlänge zur Ursache durch Haftenbleiben von Substanz an der Glaswand, die aber beim Zurückschieben wieder aufgenommen wird. Es wird daher für jede Durchflußzeit auch das zugehörige l gemessen. Andererseits rühren kleine Schwankungen in der Durchflußzeit auch von Änderungen in der Struktur der kristallinen Flüssigkeit her. Es wird daher stets ein Mittelwert aus zahlreichen Beobachtungen benützt.

Die Radien der Kapillaren wurden mittels Lupe und Glasmaßstab, der Druck in cm Quecksilbersäule gemessen.

Die Zahlenwerte der nachfolgenden Tabelle sind nicht auf absolute Einheiten umgerechnet, haben also nur relative Bedeutung.

Der Gang der Bestimmung soll an dem Beispiel der Nr. 5 Tab. 4 (S. 31) ausgeführt werden:

$$w = 0{,}3407\,.$$

$$L = 10. \qquad p = 18. \qquad r = 1.$$

[1]) Vgl. z. B. Kohlrausch, Prakt. Phys., 12. Aufl., 1914, S. 264.

Tab. 3.

Nr. der Messung	Fadenlänge	Durchfluß-zeit	Nr. der Messung	Fadenlänge	Durchfluß-zeit
1	4,9	55″	7	4,4	47″
2	4,4	55″	8	4,4	49″
3	4,4	50″	9	4,4	46,5″
4	4,4	53″	10	4,4	48″
5	4,4	52″	11	4,4	45″
6	4,4	52″			

Mittel aus den Messungen Nr. 4—11:

$$\tau = 49'' \qquad l = 4,4$$

$$8\,\eta = \frac{18 \cdot 49}{4,4 \cdot 5,6} = 35,8$$

Tab. 4.

Nr.	w	n	$8\,\eta$
1	0	1,165	50
2	0,149	1,1015	20
3	0,299	—	6,9
4	0,310	1,095	7,2
5	0,341	1,1015	35,8
6	0,404	1,0895	123
7	0,616	1,082	85
8	0,625	1,0812	77
9	0,733	1,0737	17,3
10	1,248	1,05	13
11	16,3	1,006	0,5

§ 9. An den Werten der Tab. 4 § 8 wurde nun die in § 7 angegebene Berechnung ausgeführt. Nr. 11, 10 Tab. 4 haben annähernd gleichen Brechungsindex und Wassergehalt wie Nr. 17, 16 Tab. 2 S. 12.

Bildet man somit aus Nr. 11, 10, 9 Tab. 4 die Werte

$$\Delta_1 \eta = 12{,}5 \qquad \Delta_2 \eta = 4{,}3$$

und aus Nr. 17, 16 Tab. 2 den Wert

$$\Delta_1 R = -2 \qquad \text{und setzt } \Delta_2 R = x \ ,$$

so ist wegen (22) § 7

$$\Delta_1 \eta : \Delta_2 \eta = \Delta_1 R : x \ ,$$
$$x = -0{,}7 \ .$$

Die Myelinform vom Radius

$$R_3 = R_2 + \Delta_2 R_2 = 16 - 0{,}7 = 15{,}3$$

hat somit nach Tab. 4 Nr. 9 den Brechungsindex

$$n = 1{,}0737 \ .$$

Aus Nr. 10, 9, 8, Tab. 4 folgt in derselben Weise

$$\Delta_2 \eta : \Delta_3 \eta = \Delta_2 R : x$$
$$x = -1$$
$$R_4 = R_3 + \Delta_3 R = 15{,}3 - 1 = 14{,}3.$$

Die Myelinform vom Radius 14,3 hat nach Tab. 4 Nr. 8 den Brechungsindex

$$n = 1{,}0812 \ .$$

§ 10. Trägt man den Wassergehalt w des Ammoniumoleats als Abszisse, den zugehörigen Reibungskoeffizienten η als Ordinate nach Tab. 4 § 8 in einem Koordinatensystem auf, so zeigt die entstehende Kurve etwa bei $w = 0{,}404$, $8\eta = 123$ eine Spitze (Fig. 7). Wegen der Beziehung (22) § 7 zwischen

Reibungskoeffizient η und Radius R der Myelinform von gleichem Wassergehalt (bezw. Brechungsindex) muß auch die Kurve eine Spitze aufweisen, welche durch Auftragen von Brechungsindex einer Myelinform und zugehörigem Radius entsteht. Die Kurve 8 ist aus den Werten der Tab. 2 § 2 gebildet und zeigt in der Tat diese Anomalie.

Nach (15) (23) § 6 ist nun

$$dR = -\frac{\psi T}{2\pi a s}\, dw \tag{1}$$

also

$$R = -\int \frac{\psi T}{2\pi a s}\, dw = f(w). \tag{2}$$

Wenn die Kurve

$$R = f(w) \tag{3}$$

eine Spitze zeigt, so folgt daraus notwendig, daß in diesem Punkt der Integrand von (2):

$$\frac{\psi T}{2\pi a s} \tag{4}$$

sein Vorzeichen wechselt. Nach S. 22 ist bei einer virtuellen Zustandsänderung s das Verhältnis der Längenänderung zur ausgetretenen Menge Wasser. Wenn nun s bei bestimmtem Wassergehalt sein Vorzeichen wechselt, so heißt das, daß die eben definierte virtuelle Längenänderung bei niedrigerem Wassergehalt eine Verkürzung, bei höherem eine Verlängerung bedeutet (oder umgekehrt).

II. Plastizität von amorphen und mikrokristallinen Stoffen.

§ 11. O. Lehmanns[1]) Beobachtungen an Paraazophenetol, Chinondihydroparadicarbonsäureester und besonders Protokatechusäure lehren, daß Schubkraft chemische Umwandlung bewirken kann und umgekehrt. Schubkraft kann also das thermodynamische Gleichgewicht beeinflussen.

[1]) »Die neue Welt«, S. 333, Ann. d. Phys., 50, 555, 1916.

Dieses Ergebnis an den genannten Stoffen läßt es als möglich erscheinen, daß auch das Mischungsverhältnis der Komponenten der Myelinformen des Ammoniumoleats, nämlich das der beiden Hydrate, etwa durch Abspaltung von Wasser, insbesondere aber das der über und unter —4° beständigen Modifikationen, welche sich in innerem chemischem Gleichgewicht befinden, durch die Schubkraft bei mechanischen Deformationen gestört werde, so daß die innere Reibung nicht als konstant betrachtet werden kann, wie bei einer Substanz mit unveränderlichen Molekülen, sondern mit fortschreitender Stärke der deformierenden Kraft sich ändern muß. Am einfachsten liegt der Fall, wenn nur enantiotrope Modifikationen, die sich reversibel in einander umwandeln, in Betracht kommen. Dieser Fall liegt nach O. Lehmann vor bei amorphen Stoffen, in welchen sich Moleküle verschiedener Modifikationen in einem von der Temperatur abhängigen Gleichgewicht befinden oder einem solchen zustreben. Gerade hier muß sich also der Einfluß einer chemischen Änderung durch mechanischen Zwang ganz besonders geltend machen. Der Fall ist auch deshalb zur Betrachtung bequem, weil auf molekulare Richtkräfte und Anisotropie der Stoffe keine Rücksicht zu nehmen ist. Dasselbe gilt bei sog quasiisotropen Stoffen, die aus sehr kleinen Kristallindividuen vollkommen regellos aufgebaut sind. Die Gesamtwirkung der letzteren verwischt jeden Unterschied zwischen einzelnen Richtungen, so daß die Anisotropie gar nicht zur Geltung kommt. Diese Eigenschaft kommt z. B. Marmor oder auch Metallen zu, doch kann hier durch die Deformation selbst Anisotropie hervorgerufen werden.

§ 12. Wir untersuchen die Änderung des Mischungsverhältnisses der Komponenten durch Schubkräfte und die mit solchen molekularen Umlagerungen verbundene Plastizität. Um nur homogene Deformationen zu erhalten, legen wir dem Körper prismatische Gestalt bei.

Da viele Substanzen in mehr als zwei Modifikationen vorkommen, also ebenso viele verschiedene Molekülarten

anzunehmen sind, so ist auch der Fall zu berücksichtigen, daß in einem Körper nicht bloß zwei sondern mehrere Molekülarten nebeneinander vorhanden sind. Dies ist nach O. Lehmann[1]) vor allem bei amorphen Körpern der Fall. Die nachfolgenden Deduktionen sind ohne weiteres auf denselben übertragbar. Doch sollen der Klarheit halber nur zwei Molekülarten behandelt werden.

Die chemische Analyse unterscheidet nicht zwischen den beiden Molekülarten. Das Mengenverhältnis der chemischen Elemente ist also in beiden dasselbe. Ferner gelingt es nicht, bei Temperaturen unterhalb des Umwandlungspunktes die beiden Molekülarten voneinander zu trennen. Die Substanz kann nicht in zwei mechanisch voneinander trennbare Bestandteile zerlegt werden, so daß jeder derselben nur eine Molekülart enthielte. Mit dem Auftreten der einen ist vielmehr auch das Vorhandensein der andern notwendig verbunden. Diese beiden Tatsachen legen die Auffassung nahe, daß das betrachtete System im Sinne der Gibbsschen Phasenlehre eine aus nur einem unabhängigen Bestandteil gebildete Phase darstellt. Der thermodynamische Zustand dieses Systems hängt dann ab von den Variablen

(1) $$P,\ p,\ T,\ V,\ \mu\,.$$

Dabei ist

P der allseitige Druck,

p die in der Längsrichtung auf das Prisma wirkende Zug- oder Druckspannung,

V das Volumen,

n_1 die Zahl der in der Masseneinheit enthaltenen Moleküle erster Art (z. B. der »festen« Moleküle),

n_2 die Zahl der Moleküle zweiter Art (z. B. der »flüssigen«) pro Masseneinheit,

$n = n_1 + n_2$ die Gesamtzahl der Moleküle,

$\mu = \frac{n_2}{n_1}$ der Dissoziationsgrad[2]).

[1]) »Die neue Welt«, S. 119/120.

[2]) da es sich wohl um Dissoziation handelt bei Umwandlung von Molekülen verschiedener Modifikationen, vgl. O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. II. S. 409. Flüss. Kristalle, 1904, S. 189—232.

Wir nehmen an, daß die Anzahl der einen Molekülart sehr viel größer sei als die der beigemischten zweiten Molekülart. Das System stellt daher eine verdünnte Lösung dar, es ist also nahezu

$$n_1 = n \ , \quad \mu = \frac{n_2}{n} \ . \tag{2}$$

Der auf die Mantelfläche des Prismas wirkende allseitige Druck P soll stets konstant angenommen werden. Wir wählen außerdem das Prisma so lang, daß bei den in Betracht kommenden Längenänderungen die Änderung des Querschnitts nicht in Betracht kommt. Sei ferner der Querschnitt gleich der Flächeneinheit, dann ist die Länge $l = V$ und $dl = dV$ zu setzen. Aus (1) kommen also als Zustandsvariable in Betracht

$$p, \ T, \ V, \ \mu \ . \tag{3}$$

§ 13. Da unser System eine Komponente in einer Phase darstellt, so hängt der Zustand desselben von zwei Parametern ab. Werden dieselben irgendwie gegeben, so ist der thermodynamische Zustand des Systems eindeutig festgelegt. Als willkürliche Parameter können irgend zwei aus (3) § 12 gewählt werden. Die übrigen Variablen (3) § 12 sind dann durch die Werte der beiden willkürlichen völlig bestimmt.

Seien x, y zwei beliebige Parameter aus (3) § 12, dann ist bei einer durch Variieren derselben bewirkten Zustandsänderung die aufgenommene, bezw. abgegebene Wärme

$$dQ = X\,dx + Y\,dy \ , \tag{1}$$

wo X, Y Funktionen von x, y sind. Nach dem ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ist ferner, wenn U die innere Energie des Körpers und dQ in mechanischem Maß gegeben ist

$$dQ = dU - p\,dV \ , \tag{2}$$

und nach dem zweiten Hauptsatz gilt für die Entropie S

(3) $$dS = \frac{dQ}{T} .$$

Durch Kombination der beiden Gleichungen (1), (3) folgt die allgemeine Formel[1])

(4) $$X\frac{\partial T}{\partial y} - Y\frac{\partial T}{\partial x} = T\left\{\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x - \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)_x\right\}^{2)}.$$

Die Umwandlung der »festen« Moleküle in »flüssige« geschieht in bestimmtem Zahlenverhältnis, so daß etwa ν_2 »Flüssigkeitsmoleküle« aus ν_1 »festen« Molekülen entstehen und umgekehrt. Sind dann bei einer virtuellen Zustandsänderung unter konstantem p und T δn_1, δn_2 die Änderungen der beiden Molekülzahlen, so gilt

(5) $$\delta n_1 : \delta n_2 = \nu_1 : \nu_2 .$$

Da das System eine verdünnte Lösung darstellt, so gilt ferner

(6) $$\frac{\nu_2}{\mu}\frac{\partial \mu}{\partial T} = \frac{1}{R}\frac{\nu_1 r}{T^2} ,$$

wobei r die zur Dissoziation eines Moleküls erster Art in Moleküle zweiter Art unter konstanter Temperatur T und Spannung p erforderliche Wärmezufuhr ist[3]).

§ 14. Um die bei einer adiabatischen Änderung des Parameters p auftretende Temperaturänderung zu bestimmen, ist in § 13 $x = T$, $y = p$, $X = c_p$ zu setzen, wo c_p die Wärmekapazität des Körpers bei konstanter Spannung p ist. Aus (1) und (4) § 13 folgt dann[4]):

(1) $$dT = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p} dp .$$

[1]) Vgl. Chwolson, Lehrb. d. Physik, Bd. III, 1905, S. 506.

[2]) Das Zeichen $\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y$ bedeutet, daß bei der Differentiation y konstant zu halten ist, usw.

[3]) Für die Anwendbarkeit dieser Formel auf den Fall einseitiger Spannung vgl. § 23.

[4]) Chwolson, l. c. S. 564.

Bei dieser Zustandsänderung ist der Parameter μ vollständig durch p und T bestimmt, also auch $d\mu$ durch dp und dT. Wenn wir aber annehmen, daß bei der adiabatischen Spannungsänderung zunächst μ konstant bleibt und p um dp sich ändert, dann $p + dp$ konstant bleibt und μ um $d\mu$ variiert, so ist der Endzustand nach diesen beiden Teilvorgängen derselbe, wie wenn μ von vornherein variabel gewesen wäre, da es sich um unendlich kleine Änderungen der Parameter handelt.

Wird der Vorgang als so verlaufend angesehen, so lassen wir damit zu, daß der Dissoziationsgrad μ zeitweise nicht eindeutig bestimmt sei durch p und T im Gegensatz zu dem eben angeführten Satz der Phasenlehre. Jedoch gilt letzterer nur im Falle des Gleichgewichts, während die beiden fingierten Teilvorgänge Abweichungen vom Gleichgewicht darstellen, so daß kein Widerspruch gegen die Phasenlehre besteht[1]).

Die beschriebene Zerlegung des bei adiabatischer Spannungsänderung eintretenden Vorganges in zwei gestattet nun aber, die auftretende Änderung $d\mu$ des Parameters μ zu berechnen.

§ 15. Zu dem Zweck betrachten wir zunächst den ersten Teilvorgang und berechnen die dabei unter der Bedingung μ = const. auftretende Temperaturänderung. In § 13 ist zu setzen $x = T$, $y = \mu$, ferner:

$$(1) \qquad dQ = c_\mu \, dT + Y d\mu \, .$$

c_μ ist die Wärmekapazität bei konstantem μ.

Y ist die Wärmezufuhr, welche nötig ist, um bei konstanter Temperatur den Dissoziationsgrad μ um 1 zu erhöhen. Wir setzen $Y = \varrho$, so daß

$$(2) \qquad dQ = c_\mu \, dT + \varrho \, d\mu \, .$$

Gleichung (4) § 13 wird nun:

$$(3) \qquad -\varrho = T\left\{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T\right\} .$$

[1]) Dieser Nachweis wird ausführlicher in einem allgemeinen Fall, der auch den vorliegenden umfaßt, gegeben in Ann. d. Phys. **46**, S. 393 ff, 1915, § 5.

Hieraus folgt:

$$(4) \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu = \left\{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T + \varrho\right\} \frac{1}{\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T T}$$

oder:

$$(5) \qquad dT = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T} dp \,.$$

Dies ist die beim ersten Teilvorgang auftretende Temperaturänderung.

Bezeichnen $c_{p\mu}$, $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{p\mu}$ die spezifische Wärme und die Volumausdehnung bei konstantem p und μ, so gibt Formel (1) § 14 für denselben Vorgang

$$(6) \qquad dT = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{p\mu}}{c_{p\mu}} dp \,;$$

dieser Wert (6) muß also mit (5) identisch sein.

Wenn wirklich, wie oben angedeutet, der Parameter μ zwar durch p und T bestimmt ist, aber infolge eines trägeren Verlaufs der Vorgänge im festen Körper Abweichungen von dieser Regel eintreten können, dann ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß man bei der experimentellen Bestimmung von c_p und $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ in Wirklichkeit die Werte $c_{p\mu}$ und $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{p\mu}$ erhält. Hiermit hängt vielleicht der auffällige Umstand zusammen, daß Edlund[1]) bei der experimentellen Prüfung der Formel (1) § 14 an *Ag*, *Cu*, Messing, Stahl nicht nur keine Übereinstimmung, sondern systematische Abweichungen fand. Da die experimentell bestimmten Werte für dT ihrem absoluten Betrag nach sämtlich zu klein waren, so liegt die Vermutung sehr nahe, daß dieselben sich nach (5), (6) bestimmen, während die Berechnung nach (1) § 14 ausgeführt wurde, welche Formel nicht das-

[1]) Pogg. Ann. 114, 13, 1861.

selbe Resultat gibt wie (5) § 15. Eine sorgfältige Bestimmung der Konstanten $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ und c_p, bei welchen verzögertes Konstantbleiben des μ ausgeschaltet wird, müßte dann den Unterschied zwischen (1) § 14 und (6) § 15 zum Verschwinden bringen. In der Tat erhielt Haga[1]) vollkommene Übereinstimmung des Experiments mit Formel (1) § 14.

Nach § 14 bewirkt der zweite Teilvorgang die Änderung des beim ersten Schritt konstant gehaltenen Parameters μ, während der Druck $p + dp$ konstant bleibt. Infolge der Konstanthaltung von μ ergab (5) § 15 einen von (1) § 14 verschiedenen Wert für dT. Es muß daher gerade die Differenz δT beider Werte die Änderung des Parameters μ im zweiten Schritt bestimmen.

Wir können nämlich nach § 1 das System als verdünnte Lösung ansehen. Für dieselbe gilt die Formel (6) § 13, welche die Größe δT mit der unbekannten $d\mu$ verknüpft. Nach (5) § 15 und (1) § 14 ist:

$$(7) \qquad \delta T = \left\{ - \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T} + \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p} \right\} dp \, .$$

Nach (6) § 13 ist somit:

$$(8) \qquad d\mu = \frac{\nu_1 r \mu}{\nu_2 R T} \left\{ \frac{-\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T} + \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p} \right\} dp \, .$$

Betrachten wir nun μ und T als unabhängige Parameter, so ist der neue Zustand der aus einer Komponente gebildeten Phase vollkommen festgelegt durch die Werte (5) § 15 und (8) § 15 für dT und $d\mu$. Da der Vorgang adiabatisch erfolgen soll, so ist nach (2) § 13

$$(9) \qquad p\, dV = dU \, ,$$

d. h. die geleistete mechanische Arbeit wird in innere Energie verwandelt.

[1]) Wied. Ann. 15, 1, 1882.

Die Phase kann keinerlei Änderung ihres Energieinhaltes bei festgehaltenen Parametern T, μ erleiden. Daher ist der Wert der inneren Energie dU eindeutig bestimmt durch die Parameteränderungen dT und $d\mu$ nach (5) § 12 und (8) § 15.

Wird, wie bei Belastungen unter der Elastizitätsgrenze, die innere Energie wieder rückwärts in mechanische Arbeit verwandelt, so ist also die elastische Formenergie eindeutig bestimmt durch die Werte dT und $d\mu$. Das gilt auch für Körper, die elastische Nachwirkung zeigen. Die innere Energie dU wird auch bei den letzteren wieder in mechanische Arbeit zurückverwandelt. Nur ist der zeitliche Verlauf dieser Arbeitsleistung ein anderer.

§ 16. Wenn in dem betrachteten Körper aus irgend einer Ursache die Parameter μ und T ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung variieren, so ist in § 13 $x = T$, $y = \mu$, $X = c_\mu$ zu setzen. Aus (4) § 13 folgt

$$(1) \qquad Y = T\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\right\}.$$

Einsetzen in (1) § 13 gibt, da kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt:

$$(2) \qquad c_\mu dT + T\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\right\} d\mu = 0$$

oder:

$$(3) \qquad d\mu = -\frac{c_\mu}{T\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\right\}}\, dT\,.$$

Eine Temperaturerhöhung ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung tritt nun nach Formel (1) § 14 bei unserer adiabatischen Spannungsänderung wirklich ein. Ihr entspricht daher nach (3) eine Änderung $d\mu$ des Parameters μ:

$$(4) \qquad d\mu = \frac{c_\mu T}{c_p} \cdot \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\right\}}\, dp\,.$$

Diese Änderung von μ tritt zur Änderung (8) § 15 hinzu.

Es ist nun möglich, daß diese beiden Werte einander gerade kompensieren, so daß das Endresultat gar keine Änderung des Parameters μ ergibt. Dies tritt ein (falls Wärmeleitung ausgeschlossen ist), wenn

$$(5)\qquad \frac{v_1 r \mu}{v_2 T^2}\left\{\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T}{\varrho + AT\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T} - \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p}\right\}$$
$$= \frac{c_\mu}{c_p}\,\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu\right\}}\,.$$

ϱ ist der Größenordnung nach vergleichbar mit der latenten Schmelzwärme, $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu$ usw. mit thermischen Ausdehnungskoeffizienten, denen gegenüber ϱ groß ist. Daher kann das erste Glied der Klammer links vernachlässigt werden, so daß

$$(6)\qquad -\frac{v_1 r \mu}{v_2 T^2} = \frac{c_\mu}{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu}\,.$$

Infolge adiabatischer Spannungsänderung treten nach (5) § 15 und (8) § 15 die Parameteränderungen dT, $d\mu$ auf. Ist aber die Bedingung (5) erfüllt, so tritt infolge dieser Parameteränderungen Rückbildung der (in andere Lagen gebrachten) Moleküle ein, nach deren Ablauf dT und $d\mu$ wieder gleich Null geworden sind, T und μ also ihre ursprünglichen Werte haben. Da die Reaktionsgeschwindigkeit endlich ist, so tritt dieser Zustand erst nach einer gewissen Zeit ein. Die Deformationsarbeit $p\,dV$ wird dabei zunächst in die innere Energie dU verwandelt:

$$(7)\qquad dU = \frac{\partial U}{\partial T}dT + \frac{\partial U}{\partial \mu}d\mu\ ,$$

in welchem Ausdruck die Werte (5) § 15, (8) § 15 einzusetzen sind. Nachdem T, μ ihre anfänglichen Werte wieder angenommen haben, kann nach § 15 auch keine innere Energie dU mehr vorhanden sein. Da bei diesem Prozeß keine mechanische Arbeit geleistet wird, so muß dU als Wärme frei geworden sein.

Dieser Vorgang ist natürlich als sich ständig wiederholend zu denken, wenn die äußere Kraft p stetig wirkt.

§ 17. Erfüllen die physikalischen Konstanten eines Körpers die Bedingung (5) § 16 nicht, so tritt infolge der Parameteränderungen dT, $d\mu$ [(5) § 15, (8) § 15] eine Reaktion gegen die äußere Kraft auf, welche O. Lehmann als »chemische Elastizität« bezeichnet hat.[1])

Die in (5) § 16 auftretenden physikalischen Konstanten des Körpers:

$$(1) \qquad r,\ c_p,\ c_\mu,\ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p,\ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu,\ \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T,\ \left(\frac{\partial p}{\partial \mu}\right)_T$$

sind mit Temperatur T und Spannung p veränderlich. Bei festgehaltener Temperatur T wird daher (5) § 16 erfüllt sein, wenn p über einer gewissen Grenze liegt, dagegen nicht erfüllt sein, wenn p unter dieser Grenze liegt. Man kann also auch im Falle der chemischen Elastizität von einer Elastizitätsgrenze sprechen, insofern bei Belastung unter derselben die Verschiebung mit Nachlassen der Kraft wieder völlig zurückgeht, über derselben wegen (5) § 16 jedoch bleibende Deformation eintritt. Wirkt die Belastung über der Elastizitätsgrenze stetig, so findet fortgesetzte Umwandlung und Rückbildung der Moleküle nach § 16 unter Entwicklung von Wärme statt.

Diese anormale Plastizität macht sich ihrer Natur nach bei Körpern in der Nähe des Schmelzpunkts geltend. Z. B. zeigt nach O. Lehmann[2]) Eis in der Nähe von 0° eine rasche Zunahme der Plastizität als Folge der bereits vor-

---

1) »Die neue Welt«, S. 333.

2) »Die Neue Welt«, S. 150.

handenen Wassermoleküle.[1]) Die meisten Metalle, ebenso Steinsalz, werden ebenfalls bedeutend plastischer in der Nähe ihres Schmelzpunkts. Die Plastizität nimmt mit der Temperatur noch rascher zu bei amorphen Stoffen, z. B. Marineleim, infolge der größeren Zahl von verschiedenen Molekülarten.

Die Bedingung (6) § 16 vereinfacht sich, wenn sie auf Körper in der Nähe des Schmelzpunktes angewendet wird. Änderung des Dissoziationsgrades μ bewirkt beim Schmelzpunkt eine unstetige Änderung des Volumens. Dies macht es wahrscheinlich, daß schon unterhalb des Schmelzpunktes, aber in der Nähe desselben, $\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T$ sehr groß wird. Bedingung (6) § 16 wird daher

$$(2) \qquad \frac{r_1\, r\, \mu}{r_2\, T^2} = \frac{c_\mu}{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T} .$$

Damit diese Bedingung erfüllt sein kann, müssen notwendig $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu$ und $\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T$ gleiches Vorzeichen haben. Da μ und r kleine Größen und $\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T$ groß sind, so stehen in diesem Fall auf beiden Seiten von (2) kleine Größen, so daß die Gleichung annähernd erfüllt ist. Beim Eis ist $\left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T < 0$ und $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu < 0$, wie aus dem Schmelzvorgang zu schließen ist. Es ist aber auch möglich, daß Körper plastisch sind, welche beim Schmelzen Volumzunahme zeigen, falls dann nur $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\mu > 0$ ist.

§ 18. In den erwähnten Fällen ist die anormale, auf Umwandlung und Rückbildung der Moleküle beruhende

[1]) Wir setzen hier voraus, daß außer der Schmelzpunktserniedrigung durch Druck und außer den Gleitflächen bei Eis auch noch wahre, von Störung des Raumgitters begleitete Plastizität vorhanden sei. S. a. O. Lehmann, »Flüss. Krist.«, 1904, S. 14, Ann. d. Phys. **50**, 555, 1916. — Die Gleitflächen werden in Ann. d. Phys. **46**, 393, 1915 behandelt.

Plastizität nur beobachtbar als Überlagerung über eine schon vorhandene normale Plastizität, welche als Gleiten der Moleküle ohne Umwandlung zu deuten ist. Es ist daher erforderlich, auch diese letztere Art zu behandeln.

Wird ein Körper unter Störung seines Raumgitters deformiert, ohne daß nach Aufhören der äußeren Kraft die Deformation zurückgeht, so müssen die Molekeln in der neuen Raumgitteranordnung sich wiederum in stabilen Gleichgewichtslagen befinden. Nach O. Lehmann[1]) sind die Kräfte, welche bei solcher Störung des Raumgitters geweckt werden, zum Teil Zentralkräfte, zum Teil molekulare Richtkräfte. Aufgabe der Theorie ist es nun nachzuweisen, daß unter dieser Annahme wirklich nach Störung des Raumgitters neue stabile Gleichgewichtslagen möglich sind.

Betrachtet man die Materie als Kontinuum, so ist die allgemeinste Deformation vollständig zu beschreiben durch die 6 Deformationsgrößen

$$(1) \qquad x_x\,,\ x_y\,,\ x_z\,,\ y_y\,,\ y_z\,,\ z_z = x_1\,,\ x_2\,,\ x_3\,,\ x_4\,,\ x_5\,,\ x_6\,.$$

Die Störung des Raumgitters selbst ist aber durch dieselben noch nicht eindeutig festgelegt. Es müssen nach W. Voigt[2]) 3 weitere Parameter hinzukommen, wenn die Störung des Raumgitters vollständig beschrieben werden soll. Wir deuten diese »verborgenen Koordinaten« des Gitters als Verdrehung des Moleküls gegen das Volumelement; sie seien mit

$$(2) \qquad \sigma_1\,,\ \sigma_2\,,\ \sigma_3$$

bezeichnet. Wir behandeln im folgenden den einfachsten Fall, daß nur einer von diesen drei Parametern (2) zu berücksichtigen sei. Derselbe werde mit σ bezeichnet. Falls alle Parameter (2) in Betracht kommen, so sind die nachfolgenden Rechnungen ohne weiteres übertragbar.

---

[1]) »Die Neue Welt«, III u. XL.

[2]) Kristallphysik, VII. Kap., II. Abschn.

§ 19. Solange σ klein ist, führt die Anwendung der beiden thermodynamischen Hauptsätze auf unser System formal zu denselben Rechnungen wie in § 13—16. An Stelle des Parameters μ ist hier die Verdrehung σ zu setzen. Wir können daher die dort erhaltenen Resultate benützen. Hat der Körper wieder prismatische Gestalt, so bewirkt eine adiabatische Spannungsänderung dp nach (5) § 15 die Temperaturerhöhung[1]):

$$(1) \qquad dT = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\sigma \left(\frac{\partial p}{\partial \sigma}\right)_T} dp$$

und analog zu (8) § 15 eine Änderung des Parameters σ[1]):

$$(2) \qquad d\sigma = \frac{c\sigma + rT}{cT}\left\{\frac{-\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\sigma \left(\frac{\partial p}{\partial \sigma}\right)_T} + \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p}\right\} dp\,.$$

Solange diese Änderungen bestehen, sind die Moleküle des Raumgitters aus ihren Gleichgewichtslagen entfernt und haben das Bestreben, in dieselben zurückzukehren. Dies macht sich geltend als elastische Reaktion gegen die äußere Kraft. Die aufgespeicherte, von der geleisteten Arbeit herrührende, elastische Formenergie ist

$$(3) \qquad dU = \frac{\partial U}{\partial T} dT + \frac{\partial U}{\partial \sigma} d\sigma\,,$$

worin die Werte (1), (2) einzusetzen sind.

Die durch dT, $d\sigma$ (1), (2) definierte neue Lage der Molekeln des Raumgitters kann nun aber wieder eine Gleichgewichtslage sein, wenn nämlich analog zu § 16

$$(4) \quad \frac{c\sigma + rT}{cT}\left\{\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T}{\varrho + T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\sigma \left(\frac{\partial p}{\partial \sigma}\right)_T} - \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{c_p}\right\} = \frac{c_\sigma}{c_p}\,\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{\left\{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\sigma \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T - \left(\frac{\partial p}{\partial \sigma}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\sigma\right\}}\,.$$

[1]) Die zur Ableitung dieser Formel nötigen prinzipiellen Erwägungen s. Ann. d. Phys. **46**, S. 393 ff., 1915, insbes. § 6. c ist das molekulare Drehmoment, welches die Verdrehung $\sigma = 1$ hervorruft.

In diesem Fall kompensieren sich dT und $d\sigma$ gegenseitig, so daß am Ende des Prozesses die Parameter ihre ursprünglichen Werte wiedererlangt haben, der Zustand des Raumgitters also dem ursprünglichen gleichwertig, d. h. eine Gleichgewichtslage ist. Die von den äußeren Kräften geleistete Arbeit wird dabei als Wärme frei.

Der Vorgang ist anschaulich so zu deuten, daß infolge der Störung des Raumgitters die Moleküle zunächst aus ihren Gleichgewichtslagen abgelenkt werden. Sie schnellen nun aber in neue Gleichgewichtslagen, geraten dabei in Schwingungen[1]), was als frei werdende Reibungswärme in Erscheinung tritt.

Wirkt die äußere Kraft stetig, so gelangen die Moleküle fortgesetzt in immer andere Gleichgewichtslagen.

§ 20. Die Einführung des Parameters σ ermöglicht es, die molekularen Richtkräfte in den rechnerischen Ansatz einzusetzen. Daher kommen dieselben auch in der Bedingung (4) § 19 vor in Gestalt der spezifischen Wärme c_σ, der Volumänderungen $\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T$, $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\sigma$, der Spannungsänderungen $\left(\frac{\partial p}{\partial \sigma}\right)_T$, $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\sigma$ und der inneren Arbeit r. Außerdem tritt σ selbst in (4) § 19 auf.

Die in (4) § 19 auftretenden Größen sind variabel mit T und p. Ist die Gleichung (bei festgehaltener Temperatur) schon für $p = 0$ erfüllt, so ist die Elastizitätsgrenze gleich Null. Ist die Elastizitätsgrenze $= p_0 \neq 0$, so ist (4) § 19 erst für $p = p_0$ und für höhere Werte erfüllt. σ hängt ebenfalls von p, T ab und ist gleich Null, wenn $p = 0$ (da die Moleküle eines Körpers im spannungslosen Zustand auch nicht gegeneinander verdreht sind). Wenn also (4) § 19 für $\sigma = 0$ erfüllt ist, so ist die Elastizitätsgrenze der Substanz gleich Null.

Ist $r = 0$, so sind beliebige Verdrehungen der Moleküle bei konstanter Temperatur T und Spannung p möglich ohne Arbeitsleistung. Die Kóordinate σ kann daher auch nicht

[1]) O. Lehmann, »Neue Welt«, S. 358.

durch Volumänderungen beeinflußt werden, da bei diesen Arbeit geleistet wird. σ ist also unabhängig von V, d. h.

$$(1) \qquad \left(\frac{\partial \sigma}{\partial V}\right)_T = 0 \ , \qquad \text{oder} \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)_T = \infty \ .$$

Die Bedingung (4) § 19 kann aber jetzt nur noch erfüllt sein, wenn auch $\sigma = 0$, d. h. wenn die Elastizitätsgrenze Null ist. Es ist damit gezeigt, daß in unseren Formeln auch der Spezialfall von Flüssigkeiten enthalten ist. Als solche sind leichtflüssige Substanzen wie Wasser zu betrachten, deren Moleküle keine molekularen Richtkräfte aufeinander ausüben ($r = 0$), und deren Elastizitätsgrenze gleich 0 ist. Ist die innere, zur Verdrehung der Moleküle bei konstanten T, p nötige, Arbeit r von Null verschieden, aber (4) § 19 erfüllt, wenn $\sigma = 0$ ist, so weist die Substanz ebenfalls keine Verschiebungselastizität auf, ist also als Flüssigkeit zu bezeichnen. Aber die Moleküle üben gegenseitig Richtkräfte aufeinander aus, wodurch innere Grenzen verschieden orientierter Gebiete, spontane Homöotropie usw. zustande kommen. Dies ist der Fall bei den kristallinen Flüssigkeiten. (Um unsere unter der Voraussetzung der Isotropie gewonnenen Formeln auf dieselben anwenden zu können, müssen wir annehmen, daß durch Fächerstrukturen, Zwillingsstellungen, konische u. a. Strukturstörungen die Anisotropie der Substanz für größere Bereiche verwischt wird. Die Anisotropie wird berücksichtigt im Anhang, § 9.)

Andere Stoffe schließlich erfüllen die Gleichung (4) § 19 erst, wenn σ einen bestimmten endlichen (wenn auch kleinen) Wert erlangt hat und bei noch höheren Werten. Die Moleküle müssen hier etwa bis zu einer gewissen Grenzlage gedreht werden, bevor Gleiten derselben eintreten kann. Die Kraft, welche notwendig ist, um die Moleküle gerade in die Grenzlage zu bringen, ist die Elastizitätsgrenze[1]). Plastische Deformation durch Belastung über der Elastizitätsgrenze ist eine bei sehr vielen Stoffen (namentlich auch Metallen, heißem Glas, Siegellack, Pech) beobachtbare Erscheinung.

[1]) Unter derselben ist die Elastizität nach dem in § 15 Gesagten vollkommen.

Wenn die Konstanten in (4) § 19 mit wachsender Temperatur verhältnismäßig geringe Änderungen zeigen, so ist diese Gleichung schon bei kleineren Werten σ erfüllt. D. h. die Elastizitätsgrenze sinkt mit steigender Temperatur. Hierauf beruht wohl zum Teil die außerordentliche Zunahme der Plastizität, wie sie z. B. manche Metalle und namentlich amorphe Körper mit steigender Temperatur aufweisen.

Die Werte (5), (8) § 15 für dT und $d\sigma$ bedeuten eine gewisse Abweichung des Raumgitters vom Gleichgewichtszustand, welcher erst wieder erreicht wird, wenn T, σ ihre ursprünglichen Werte erlangt haben. Diese Drehung der Moleküle aus einer Gleichgewichtslage in die andere braucht stets eine gewisse Zeit. Bei sehr kurz andauernden Beanspruchungen kann daher ein Körper, der Bedingung (4) § 19 erfüllt, unvollkommene Elastizität zeigen. Dies ist z. B. bei Marineleim der Fall. Ist die momentane Belastung zu groß, so daß die Umlagerung der Moleküle nicht folgen kann, so tritt kein Fließen sondern Zerbrechen ein (Marineleim, der unter der Wirkung seiner eigenen Schwere fließt wie eine zähe Flüssigkeit, splittert unter Hammerschlägen wie Glas[1]). Eis läßt sich nach Reusch mit dem Diamant schneiden wie Glas[2]).

§ 21. Durch die Betrachtungen der §§ 12—20 ist die homogene Deformation eines Prismas bei Belastung über der Elastizitätsgrenze erklärt. Unter der Wirkung beliebiger äußerer Kräfte kommen jedoch komplizierte Strömungen zustande. Besonders bemerkenswert sind die Torsionsversuche, welche O. Lehmann mit Marineleim vorgenommen hat[3]). Die Substanz strömt dabei ebenso wie eine zähe Flüssigkeit. Insbesondere haben die Stromlinien dieselbe Gestalt. Es ist zu zeigen, daß die im vorigen gegebene Theorie diesen Tatsachen gerecht werden kann.

Wir betrachten zu dem Zweck einen Würfel aus der betreffenden Substanz und lassen so kleine Normalspannungen

---

1) Vgl. O. Lehmann-Frick, Physikal. Technik, I, 2, S. 779.

2) Vgl. O. Lehmann, »Flüss. Krist.«, 1904, S. 11.

3) Phys. Zeitschr. 8, 386. 1907. »Die Neue Welt«, S. 24 ff.

p_1, p_2, p_3 auf dessen Seitenflächen wirken, daß die Größen

$$(1)\quad c_\mu,\ \left(\frac{\partial V}{\partial \mu}\right)_T,\ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_\mu,\ \left(\frac{\partial p_1}{\partial T}\right)_\mu,\ \left(\frac{\partial p_1}{\partial \mu}\right)_T,\ \left(\frac{\partial p_2}{\partial T}\right)_\mu,\ \left(\frac{\partial p_2}{\partial \mu}\right)_T,\ \left(\frac{\partial p_3}{\partial T}\right)_\mu,\ \left(\frac{\partial p_3}{\partial \mu}\right)_T$$

mit p_1, p_2, p_3 nicht variieren, so daß

$$(2)\quad \left(\frac{\partial p_1}{\partial T}\right)_\mu = \left(\frac{\partial p_2}{\partial T}\right)_\mu = \left(\frac{\partial p_3}{\partial T}\right)_\mu \quad \text{und} \quad \left(\frac{\partial p_1}{\partial \mu}\right)_T = \left(\frac{\partial p_2}{\partial \mu}\right)_T = \left(\frac{\partial p_3}{\partial \mu}\right)_T .$$

Ist nun die Bedingung (4) § 19, bezw. (5) § 16 für diese Konstanten (1), (2) erfüllt, so rufen die Spannungen p_1, p_2, p_3 plastische Deformation des Würfels hervor.

Wirken auf ein beliebig gestaltetes Stück dieser Substanz irgend welche äußere Kräfte, die klein von der Ordnung der p_1, p_2, p_3 sind, so wirken auch auf jeden Elementarwürfel, der an irgend einer Stelle herausgeschnitten gedacht wird, kleine Kräfte. Wir denken uns die Würfelkanten parallel den Hauptspannungen orientiert. Auf die Seitenflächen wirken dann gewisse Normalspannungen p_1, p_2, p_3. Da (5) § 16 oder (4) § 19 erfüllt sein soll für die Konstanten (1) so wird jeder Elementarwürfel unter der Wirkung der Normalspannungen p_1, p_2, p_3 dauernd deformiert: Der ganze Körper »fließt« unter dem Einfluß der äußeren Kräfte.

Infolge der deformierenden Kräfte tritt nach (1), (2) § 19 zunächst eine Verdrehung der Moleküle (bzw. eine Änderung des Dissoziationsgrades μ nach (5) § 15, (4) § 16) ein, die bewirkt, daß dieselben in neue Gleichgewichtslagen einschnappen (bezw. Rückbildung eintritt). Die (gewöhnlich) kleine hierzu nötige »Relaxationszeit« sei τ. Während derselben leistet der Körper elastische Reaktion. Ist X die Kraftkomponente in der x-Richtung und sind u, v, w die Verschiebungskomponenten, so gilt daher

$$(3)\qquad \lambda' \Delta u + (\lambda + \lambda') \frac{\partial \Theta}{\partial x} + s X = 0 ,$$

wo s die Dichte und

$$(4)\qquad \Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} ; \qquad \Theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} ,$$

ferner λ, λ' die elastischen Konstanten des Materials sind.

Da die Kraft X stetig wirkt, so wiederholt sich der molekulare Vorgang beständig. — Nun können wir τ als Zeiteinheit wählen. Dann sind die u, v, w Verschiebungskomponenten in der Zeiteinheit, d. h. die Geschwindigkeitskomponenten, und (3) stellt die Bewegungsgleichung des resultierenden Strömungsvorgangs dar. Für die Kraftkomponenten Y, Z ergibt sich analog

$$\lambda' \Delta v + (\lambda + \lambda') \frac{\partial \Theta}{\partial y} + s Y = 0 \,, \tag{5}$$

$$\lambda' \Delta w + (\lambda + \lambda') \frac{\partial \Theta}{\partial y} + s Z = 0 \,. \tag{6}$$

Die gemäß diesen Gleichungen (3), (5), (6) bestimmten Geschwindigkeitskomponenten u, v, w sind nicht von der Zeit t abhängig, da wir die äußeren Kräfte als konstant ansehen. Die Bewegung ist also stationär.

Sind u, v, w aus diesen Gleichungen bestimmt, so erhält man die Bahnlinie irgend eines Teilchens durch Integration der Differentialgleichungen

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \,. \tag{7}$$

Die von der phänomenologischen Hydromechanik aufgestellten Gleichungen der Flüssigkeitsbewegung lauten

$$\left\{ \begin{aligned} \nu \Delta u + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial \Theta}{\partial x} + s X &= 0 \\ \nu \Delta v + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial \Theta}{\partial y} + s Y &= 0 \\ \nu \Delta w + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial \Theta}{\partial z} + s Z &= 0 \,, \end{aligned} \right. \tag{8}$$

wo X, Y, Z die äußere Kraft und ν den Reibungskoeffizienten darstellen.

Bei den in Betracht kommenden Experimenten ist die Volumendilatation Θ in allen Punkten dieselbe, also in (8) sowohl wie in (3), (5), (6) $\frac{\partial \Theta}{\partial x}, \frac{\partial \Theta}{\partial y}, \frac{\partial \Theta}{\partial z} = 0$ zu setzen. Daher lauten (3), (5), (6):

$$\lambda' \Delta u + s X = 0 \,, \quad \lambda' \Delta v + s Y = 0 \,, \quad \lambda' \Delta w + s Z = 0 \,. \tag{9}$$

und (8):

$$(10)\quad \nu \Delta u + s X = 0\,,\quad \nu \Delta v + s Y = 0\,,\quad \nu \Delta w + s Z = 0\,,$$

haben also genau gleiche Form. Nach (7) folgt hieraus, daß auch die Stromlinien bei Marineleim genau dieselbe Gestalt haben müssen, wie wenn die tordierte Platte aus einer beliebigen anderen Flüssigkeit bestände. Dies zeigt sich auch bei den O. Lehmannschen Versuchen.

Aus den Gleichungen (9) berechnet sich auch die Bewegung der Substanz, wenn sie aus einer Öffnung unter Druck[1]) ausgepreßt wird. Da (9) mit (10) der Gestalt nach übereinstimmt, für (10) aber die Strömungsgesetze durch enge Röhren bereits aufgestellt sind, so müssen für (9) dieselben gelten, nämlich das Poisseuillesche Gesetz. Die Versuche von Glaser, Reiger, Ladenburg haben nun wirklich ergeben, daß die Ausflußgeschwindigkeit dem Poisseuilleschen Gesetz folgt[2]).

§ 22. Plastische Deformation an einfachen Kristallindividuen kann ohne Störung der Raumgitterordnung verlaufen, wie dies bei Translation nach Gleitflächen und künstlicher Zwillingsbildung der Fall ist[3]). Andererseits ist auch mit Störung des Raumgitters verbundene Plastizität einfacher Kristallindividuen möglich. Dieselbe wurde entdeckt von O. Lehmann an Gips und Ammoniumnitrat[4]). Diese Kristalle lassen sich wie weiche amorphe Körper unter Störung des Raumgitters biegen. Derartige Plastizität wurde später auch nachgewiesen von Milch[5]) und Ritzel[6]) an Steinsalz. Über 200° lassen sich Steinsalzkristalle beliebig deformieren, ohne ausgezeichnete Gleitrichtungen zu zeigen.

[1]) In Form eines festen Strahls.

[2]) Vgl. Kurnakow u. Žemečužny, Jahrb. d. Rad. u. El. 11, 1914, p. 4.

[3]) O. Lehmann, »Die neue Welt«, S. 43—45. Ann. d. Phys. 50, 555, 1916.

[4]) Derselbe, Zeitschr. f. Krist. 1, 110, 1877. — »Flüss. Krist.«, 1904, S. 20.

[5]) Milch, Neues Jahrb. f. Mineralogie 1, 72, 1909.

[6]) Ritzel, Zeitschr. f. Krist. 53, 127, 1913.

Endlich fand O. Lehmann unter den flüssigen Kristallen Substanzen, die als vollkommene Flüssigkeiten anzusprechen sind.

In »Theoretisches über Gleitflächen und Kristallplastizität im allgemeinen«[1]) wird die Plastizität einfacher Kristallindividuen mit und ohne Erhaltung der Raumgitterstruktur untersucht. Ist Deformation eines Kristalls mit Verdrehung seiner Moleküle (relativ zum Volumelement) verbunden, so sind außer den 6 Deformationsgrößen x_h ($h = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) noch die Komponenten $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ der relativen Verdrehung der Molekeln gegen das Volumelement notwendig, um die ganze Raumgitterstörung zu beschreiben. Enthält der Kristall (insbesondere in der Nähe der Umwandlungstemperatur) Moleküle einer anderen Modifikation, so ist nach dem früher (S. 6/7) gesagten die Störung des Gleichgewichts zwischen den beiden Molekülarten infolge der Deformation zu berücksichtigen und das Verhältnis μ der beiden Molekülarten neben den Deformationsgrößen x_h ($h = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) wesentlich für den thermodynamischen Zustand des Volumelements. Im folgenden wird der einfachste Fall zugrunde gelegt, daß neben den x_h ($h = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) nur einer von den Parametern μ oder $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ in Betracht kommt.

§ 23. In dem Fall, wo der Kristall Moleküle einer anderen Modifikation enthält, stellt er einen Mischkristall aus physikalisch molekular-isomeren Molekülen dar und gestattet daher eine besondere thermodynamische Behandlung.

Eine beliebige Zustandsänderung kann nämlich berechnet werden, wenn man dieses System als verdünnte Lösung betrachtet. In der Tat hat O. Lehmann nachgewiesen, daß die Bildung von Mischkristallen große Verwandtschaft zeigt mit gewöhnlichen Mischungsvorgängen bei isomorphen wie bei nicht isomorphen Stoffen[2]). Da die Zahl der beigemischten

---

[1]) Ann. d. Phys. **46**, 393, 1915.

[2]) O. Lehmann, Wied. Ann. d. Phys., 24, 1, 1885; 38, 398, 1889. Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. 1902, Nr. 13. Die Lehre von den flüssigen Kristallen. Wiesbaden 1918.

Moleküle der zweiten Modifikation gering ist im Vergleich zur Anzahl der Moleküle erster Art, so ist man berechtigt, die Lösung als verdünnt anzusehen.

Bei einer verdünnten Lösung lassen sich zwei bestimmte Angaben machen über die Art der Abhängigkeit, welche zwischen der Energie U und den Molekülzahlen n_1, n_2 besteht, ebenso über die Abhängigkeit zwischen den Deformationsgrößen x_h und den Molekülzahlen.

Für x_h folgt der Ansatz

$$x_h = n_1 x_h^{(1)} + n_2 x_h^{(2)} \,, \tag{1}$$

worin $x_h^{(1)}$, $x_h^{(2)}$ von den Molekülzahlen unabhängig sind, aus der Annahme, daß eine weitere »Verdünnung« keine spezifische Deformation des Mischkristalls bewirkt, d. h. daß die aus zwei aufeinanderfolgenden Verdünnungen folgenden Deformationen sich einfach addieren.

Für die Energie U wird der entsprechende Ansatz

$$U = n_1 U^{(1)} + n_2 U^{(2)} \tag{2}$$

dadurch gerechtfertigt, daß eine weitere Verdünnung auch keine spezifische Wärmetönung hervorruft.

Für eine Änderung der Entropie S bei konstanten n_1, n_2 gilt nun

$$dS = \frac{dU - \Sigma_h X_h \, dx_h}{T} \,, \tag{3}$$

wobei

$$X_x, \; X_y, \; X_z, \; Y_y, \; Y_z, \; Z_z = X_1, \; X_2, \; X_3, \; X_4, \; X_5, \; X_6$$

die Komponenten des am Volumelement angreifenden Spannungstensors sind, also wegen (1), (2)

$$dS = n_1 \frac{dU^{(1)} - \Sigma_h X_h \, dx_h^{(1)}}{T} + n_2 \frac{dU^{(2)} - \Sigma_h X_h \, dx_h^{(2)}}{T} \,. \tag{4}$$

Da die Größen $U^{(1)}$, $U^{(2)}$, $x_h^{(1)}$, $x_h^{(2)}$ wohl von T, X_h, nicht aber von n_1, n_2 abhängen, so müssen in (4) die Koeffizienten von n_1, n_2 auch einzeln vollständige Differenziale sein:

(5) $$dS_1 = \frac{dU^{(1)} - \Sigma_h X_h \, dx_h^{(1)}}{T} , \qquad dS_2 = \frac{dU^{(2)} - \Sigma_h X_h \, dx_h^{(2)}}{T} .$$

d. h. also

(6) $$dS = n_1 \, dS_1 + n_2 \, dS_2 ,$$

und hieraus

(7) $$S = n_1 S_1 + n_2 S_2 + C .$$

Die Konstante C kann nicht von X_h, T, dagegen von n_1, n_2 abhängen. Um dieselbe zu berechnen, benützen wir den der Theorie der verdünnten Lösungen entnommenen Gedanken, wonach durch gehörige Steigerung der Temperatur und Verringerung der Spannungen das System in ein Gemisch idealer Gase übergehen muß. Daß diese Annahme unter allen Umständen berechtigt ist, trotzdem der Vorgang nicht realisierbar zu sein braucht, ist begründet bei Planck, Thermodynamik, 3. Aufl. 1911 § 254. Da die Konstante C unabhängig von T, X_h ist, so hat sie in diesem Zustand denselben Wert und ist aus der Thermodynamik idealer Gase bekannt:

(8) $$C = n_1 \cdot \left(k_1 - R \log \frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) + n_2 \left(k_2 - R \log \frac{n_2}{n_1 + n_2} \right) .$$

k_1, k_2 sind konstant und R die Gaskonstante. Setzen wir

(9) $$\frac{n_1}{n_1 + n_2} = c_1 \qquad \frac{n_2}{n_1 + n_2} = c_2 ,$$

so wird

(10) $$S = n_1 (S_1 + k_1 - R \log c_1) + n_2 (S_2 + k_2 - R \log c_2) .$$

Setzt man schließlich

(11) $$\begin{cases} - S_1 - k_1 + \dfrac{U^{(1)} - \Sigma_h X_h x_h^{(1)}}{T} = \varphi_1 , \\ - S_2 - k_2 + \dfrac{U^{(2)} - \Sigma_h X_h x_h^{(2)}}{T} = \varphi_2 , \end{cases}$$

und führt die bekannten thermodynamischen Potentiale ein[1]):

$$\xi = U - TS$$

$$\zeta = \xi + \sum_{h=1}^{6} X_h x_h$$

$$\Phi = \frac{\zeta}{T} \quad ,$$

so folgt

(12) $$\Phi = \frac{\zeta}{T} = n_1(\varphi_1 + R \log c_1) + n_2(\varphi_2 + R \log c_2) \ .$$

Nehmen wir nun an, es sei in unserem System eine Zustandsänderung bei konstanten T, X_h ($h = 1, 2, \ldots, 6$) möglich derart, daß sich die Molekülzahlen n_1, n_2 um δn_1, δn_2 ändern, wobei nach (5) § 13

(13) $$\delta n_1 : \delta n_2 = \nu_1 : \nu_2 \ .$$

Dann besteht ihr gegenüber Gleichgewicht, wenn bei konstanten T, X_h

(14) $$\delta \Phi = 0 \quad \text{oder} \quad \delta \zeta = 0$$

also nach (12), wenn

(15) $$(\varphi_1 + R \log c_1)\, \delta n_1 + (\varphi_2 + R \log c_2)\, \delta n_2 + n_1\, \delta(\varphi_1 + R \log c_1) + n_2\, \delta(\varphi_2 + R \log c_2) = 0$$

ist. Nun sind die Größen (11) nur von T, X_h abhängig, also ist

(16) $$\delta \varphi_1 = \delta \varphi_2 = 0 \ .$$

Ferner ist nach (9)

(17) $$n_1\, \delta \log c_1 + n_2\, \delta \log c_2 = (n_1 + n_2)(\delta c_1 + \delta c_2) \ .$$

Es ist aber außerdem

(18) $$c_1 + c_2 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} + \frac{n_2}{n_1 + n_2} = 1 \ , \quad \text{also } \delta c_1 + \delta c_2 = 0 \ .$$

[1]) Vgl. Ann. d. Phys. **46**. 393 ff. 1915, § 2.

Somit ist auch

$$(19)\qquad n_1\,\delta\log c_1 + n_2\,\delta\log c_2 = 0\ .$$

(15) lautet jetzt mit Hilfe von (13):

$$(20)\qquad \nu_1\log c_1 + \nu_2\log c_2 = -\frac{1}{R}(\nu_1\varphi_1 + \nu_2\varphi_2)\ .$$

Die rechts stehende Größe ist nur von T, X_h abhängig; wir setzen sie

$$(21)\qquad -\frac{1}{R}(\nu_1\varphi_1 + \nu_2\varphi_2) = \log K\ .$$

Die Abhängigkeit zwischen K und T ergibt sich aus

$$(22)\qquad \frac{\partial\log K}{\partial T} = -\frac{1}{R}\left(\nu_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial T} + \nu_2\frac{\partial\varphi_2}{\partial T}\right)\ .$$

Wir machen nun das System zu einem zweiparametrigen, indem wir alle Kräfte X_h ($h = 1, 2, \ldots, 6$) außer einer, X_i, festhalten. Wegen (11) ist dann bei irgend einer unendlich kleinen Änderung von T und X_i (während alle X_h ($h \neq i$) konstant gehalten werden):

$$(23)\qquad d\varphi_1 = -dS_1 + \frac{dU^{(1)} - (\Sigma_h X_h\,dx_h^{(1)}) - x_i^{(1)}\,dX_i}{T} - \frac{U^{(1)} - (\Sigma_h X_h\,x_h^{(1)})}{T^2}\,dT\ ,$$

$$(24)\qquad d\varphi_2 = -dS_2 + \frac{dU^{(2)} - (\Sigma_h X_h\,dx_h^{(2)}) - x_i^{(2)}\,dX_i}{T} - \frac{U^{(2)} - (\Sigma_h X_h\,x_h^{(1)})}{T^2}\,dT\ .$$

Also gilt wegen (5):

$$(25)\qquad \left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial T}\right)_{X_i} = -\frac{U^{(1)} - \Sigma_h X_h\,x_h^{(1)}}{T^2}\,,\quad \left(\frac{\partial\varphi_2}{\partial T}\right)_{X_i} = -\frac{U^{(2)} - \Sigma_h X_h\,x_h^{(2)}}{T^2}\ .$$

Daher folgt nach (22), (23), (24)

$$(26)\qquad \left(\frac{\partial\log K}{\partial T}\right)_{X_i} = \frac{1}{RT^2}\left\{(\nu_1 U^{(1)} + \nu_2 U^{(2)}) - \Sigma_h X_h\,(\nu_1 x_h^{(1)} + \nu_2 x_h^{(2)})\right\}.$$

Wegen (1) ist $\nu_1 x_h^{(1)} + \nu_2 x^{(2)}$ die Änderung der Deformationsgröße x_h und wegen (2) $\nu_1 U^{(1)} + \nu_2 U^{(2)}$ die Änderung der Energie U, beide im Falle die Variation (13) bei konstanten T, X_i vor sich geht. Die bei diesem Prozeß von außen zugeführte Wärme ϱ ist demnach

$$(27) \qquad \varrho = \nu_1 U^{(1)} + \nu_2 U^{(2)} - \Sigma_h X_h \left(\nu_1 x_h^{(1)} + \nu_2 x_h^{(2)}\right) ,$$

und bei Dissoziation eines Moleküls erster Art ist die nötige Wärmezufuhr

$$(28) \quad r = \frac{1}{\nu_1} \left(\nu_1 U^{(1)} + \nu_2 U^{(2)}\right) - \frac{1}{\nu_1} \Sigma_h X_h \left(\nu_1 x_h^{(1)} + \nu_2 x_h^{(2)}\right) .$$

Somit wird (22):

$$(29) \qquad \left(\frac{\partial \log K}{\partial T}\right)_{X_i} = \frac{\nu_1 r}{R T^2} .$$

Da das System eine verdünnte Lösung ist, so ist $c_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ nahezu $= 1$, also in (20) $\log c_1$ zu vernachlässigen. Die Gleichung lautet also

$$(30) \qquad \nu_2 \log c_2 = \log K ,$$

und wegen (29) ist

$$(31) \qquad \nu_2 \left(\frac{\partial \log c_2}{\partial T}\right)_{X_i} = \frac{\nu_1 r}{R T^2} .$$

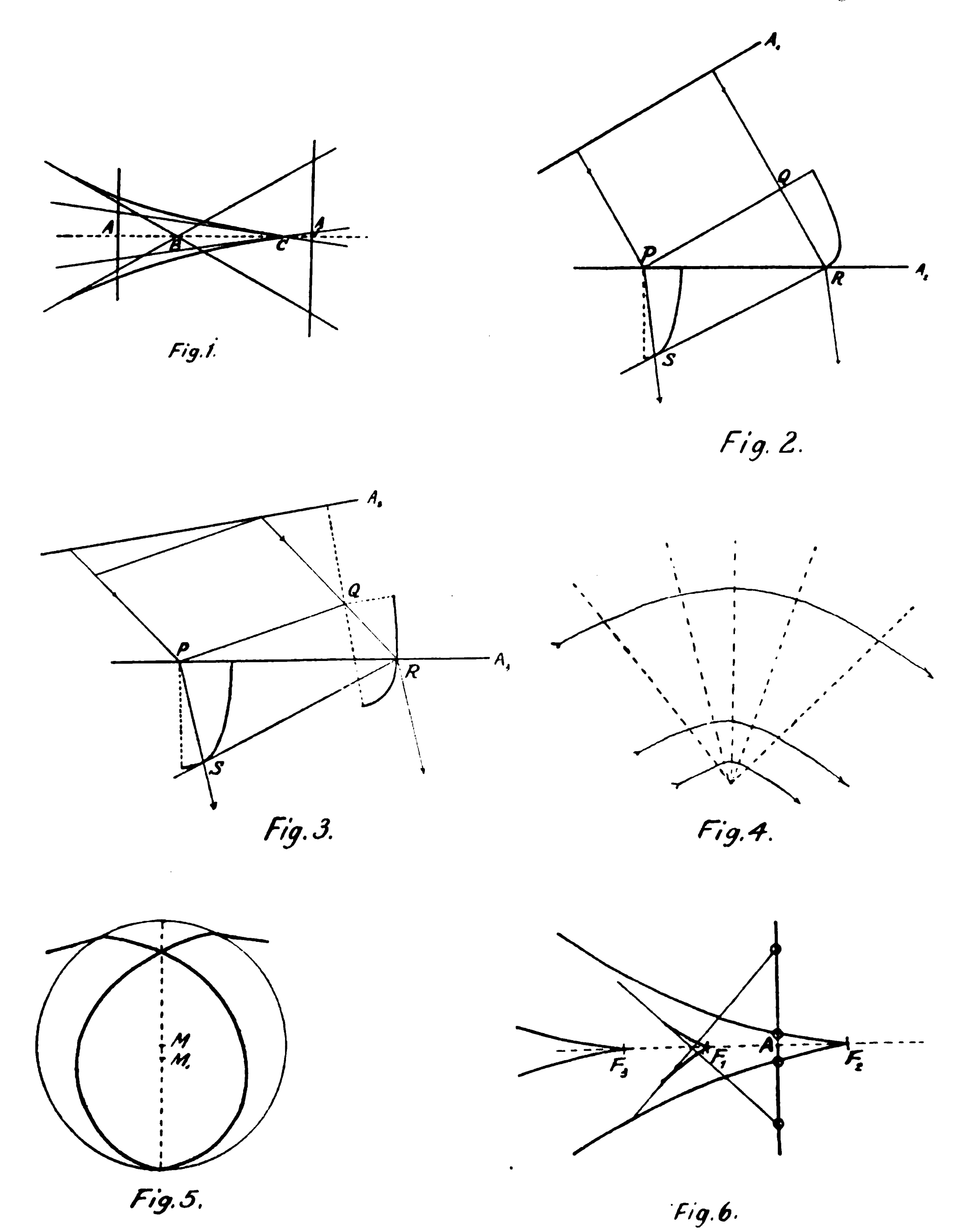
Da nach (9) nahezu $\mu = c_2$, so gilt

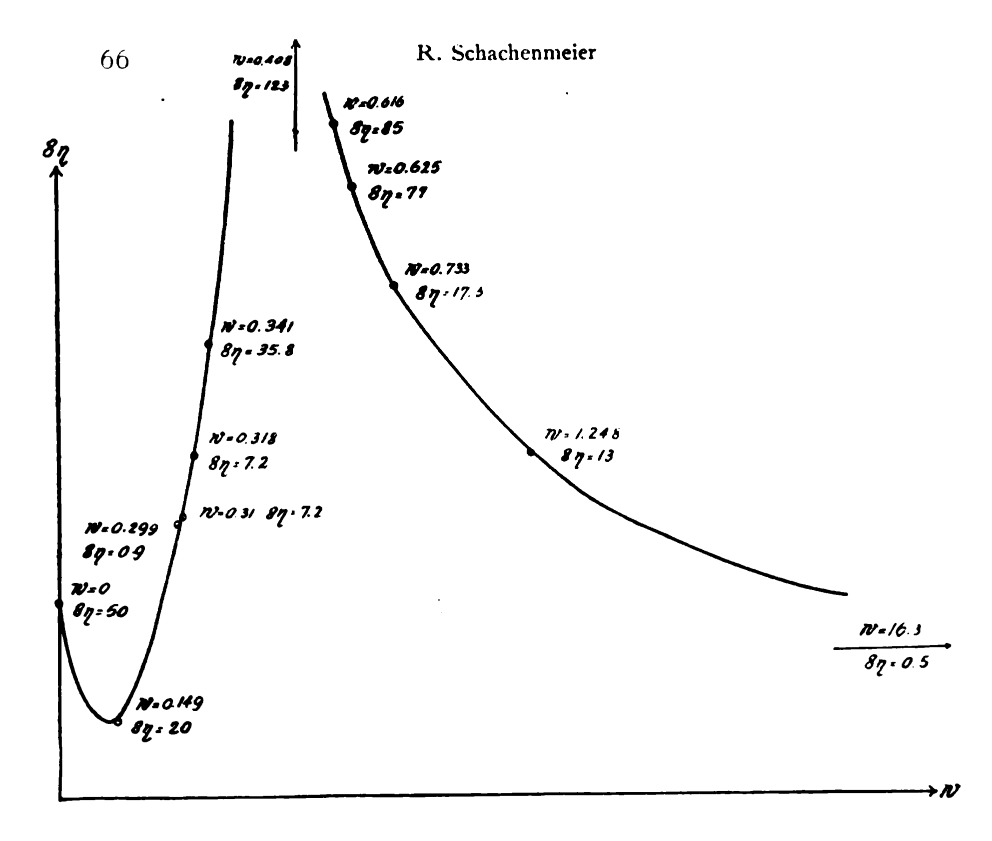
$$(32) \qquad \frac{\nu_2}{\nu_1} \left(\frac{\partial \log \mu}{\partial T}\right)_{X_i} = \frac{r}{R T^2}$$

oder

$$(33) \qquad d\mu = \frac{\nu_1 r \mu}{\nu_2 R T^2} \, dT .$$

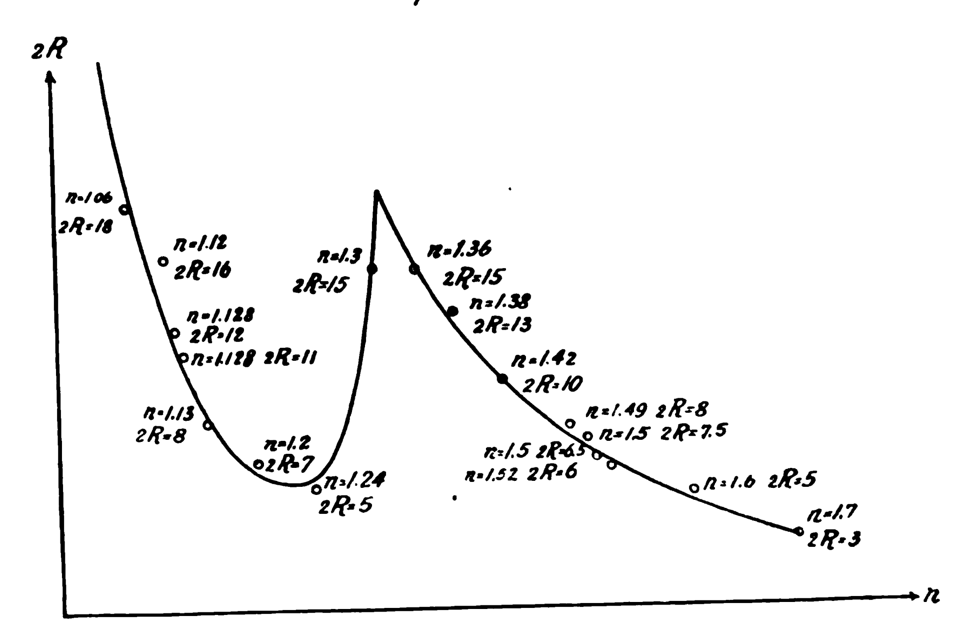
Diese Gleichung wurde schon in (6) § 13 benützt.


A
B
C
A
Fig. 1.
A₁
Q
P
R
A₂
S
Fig. 2.
A₂
Q
P
R
A₁
S
Fig. 3.
Fig. 4.
M
M₁
Fig. 5.
A
F₃
F₁
F₂
Fig. 6.



8η
w=0.408
8η=123
w=0.616
8η=85
w=0.625
8η=77
w=0.733
8η=17.5
w=0.341
8η=35.8
w=0.318
8η=7.2
w=0.31 8η=7.2
w=0.299
8η=0.9
w=0
8η=50
w=1.248
8η=13
w=16.3
8η=0.5
w=0.149
8η=20
w

Fig. 7.



2R
n=1.06
2R=18
n=1.12
2R=16
n=1.128
2R=12
n=1.128 2R=11
n=1.13
2R=8
n=1.2
2R=7
n=1.24
2R=5
n=1.3
2R=15
n=1.36
2R=15
n=1.38
2R=13
n=1.42
2R=10
n=1.49 2R=8
n=1.5 2R=7.5
n=1.5 2R=6.5
n=1.52 2R=6
n=1.6 2R=5
n=1.7
2R=3
n

Fig. 8.

Die Hypothese von Prout über das Urelement.[1]

Von **Max E. Lembert.**

(Einleitung — geschichtlicher Rückblick — das periodische System — die Radioaktivität — die Atomistik — Schluß.)

So weit wir den menschlichen Forschungsgeist geschichtlich zurückverfolgen können, finden wir ihn in allen Kulturperioden bemüht, die verwirrende Mannigfaltigkeit der Erscheinungen auf einen gemeinsamen Urgrund, auf wenige oder einen einzigen Urstoff als Baustein aller Materie zurückzuführen. Wenn man von den rein mystischen Ansichten der primitiven Völker absieht, denen das Feuer oder das Wasser als dieser Urstoff erschien, so sieht man gerade von den ersten Anfängen naturwissenschaftlicher Erkenntnis, etwa von Anaximander und Empedokles an, dieses Bedürfnis nach einer ordnenden Einheit der Materie klarer hervortreten, das sich bei Platon zu der Annahme verdichtete, daß eine prima materia, eine *πρωτη ὑλη*, das gemeinsame Substrat aller Elemente und Verbindungen bilde. Auch Aristoteles und die spätere jonische Schule haben ihre vier Elemente ausdrücklich als die nur verschieden kombinierten Eigenschaften (kalt, warm, feucht trocken) einer einzigen Ursubstanz beschrieben. Seitdem ist durch alle Fortschritte und Irrtümer hindurch, durch die alexandrinischen und arabischen Alchimisten, durch die Jugendjahre der wissenschaftlichen Chemie bis auf den heutigen Tag jene Forderung nach einem „Prothyl" aller Materie wie eine Verheißung mitgewandert, weil man nur von ihr einen klärenden Lichtstrahl in chemische Vorgänge erhoffen konnte.

[1] Habilitationsvortrag, gehalten am 5. Juni 1920 an der Techn. Hochschule in Karlsruhe.

Die letzten Zusammenhänge der Stoffe miteinander sind der chemischen Kenntnis freilich auch heute noch recht verborgen; für sie blieb das Atom der einzelnen Elemente der unentbehrliche, unantastbare Baustein. Erst durch die letzten Erfolge der Forschung dürfen wir uns an der Schwelle zu neuen Einblicken fühlen, die auch der Chemie bereits Neuland zu erobern beginnen. Freilich haften auch diesen modernen Vorstellungen noch verschiedene Hypothesen an, die immer wieder auf das Urelement hinauslaufen.

Seit den etwa 150 Jahren, in denen wir von Chemie als einer exakten Wissenschaft reden können, knüpft sich der geschichtliche Faden des Urstoffproblems an den Namen des Engländers Prout, welcher die uns bekannteste Hypothese über das Prothyl aufstellte, und zwar in folgender Form:

Setzt man das Verbindungsgewicht[2] des leichtesten Elements unserer Erdkruste, des Wasserstoffs (H), willkürlich gleich 1 und bezieht die Verbindungsgewichte der anderen Elemente auf ihn als Einheit, so erhält man nahezu ganze Zahlen. Darnach könnten die Elemente Vielfache (Polymere) des Wasserstoffs und dieser selbst etwa jene Urmaterie vorstellen. Diese kühne Hypothese können wir nun, da wir seitdem über 100 Jahre lang Erfahrungen sammeln konnten, an diesen prüfen, ergänzen und mit unseren jüngsten Hypothesen vergleichen. Wir werden dabei sehen, daß die Proutsche Hypothese, wohl zehnmal zum Tode verurteilt, doch immer wieder ihre Ansprüche erhob und soviel gesunden Kern enthält, daß sie fortbestand und heute, in einer kleinen Abänderung, sogar als glänzend gerechtfertigt gelten kann.

Um die Kühnheit von Prouts Hypothese und deren Wirkung auf die Zeitgenossen verstehen zu können, muß man sich jenes Zeitalter chemischer Forschung kurz vergegenwärtigen.

Die Phlogiston-Hypothese war durch Lavoisier eben erst zur Strecke gebracht worden, und Daltons Atomtheorie kämpfte um ihre Anerkennung. Nun hatte zwar Dalton selbst, der seinen Atomen verschiedenes Gewicht und Größe zuschrieb, deren Verbindungsgewichte ebenfalls auf Wasserstoff als Einheit bezogen, ohne indessen zu Beginn seiner Arbeiten die Atomgewichte (A.G.) der

[2] Das Verbindungsgewicht (V.G.) bezeichnet hier die kleinste Gewichtsmenge eines Elementes, die sich mit einem Gramm-Atom Wasserstoff verbindet.

schwereren Elemente als Vielfache des kleinsten zu betrachten. Seine erste Tabelle vom Jahre 1804 (Tabelle 1) gibt für das V.G. von Sauer-

Tabelle 1.

Element	V.G.
Wasserstoff	1
Kohlenstoff	5
Stickstoff	5
Sauerstoff	6.5

stoff einen Dezimalbruch an. Später hat er alle V.G. als ganze Zahlen angeführt, ohne sich jedoch darüber auszusprechen, ob dies in bestimmter Absicht oder mit Rücksicht auf die Ungenauigkeit seiner Werte geschehen war. In jener Zeit war das Interesse am Zahlenwert der stöchiometrischen Verbindungsgewichte und deren ganzen Vielfachen viel lebhafter als das an den Beziehungen der A.G. zueinander.

Dank den gediegenen Arbeiten eines Wollaston und besonders des großen Berzelius kannte man um das Jahr 1815 die Verbindungsgewichte von etwa 36 Elementen, die keineswegs alle ganzzahlige Vielfache des Wasserstoffs waren. Da erschienen in diesem und im folgenden Jahre zwei anonyme Veröffentlichungen, in deren erster an Hand einiger Verbindungsgewichte (Tabelle 2) die Behauptung aufgestellt wurde, die Atomgewichte der Elemente seien, auf H = 1 bezogen, durch ganze Zahlen ausdrückbar, d. h. Vielfache vom A.G. des leichtesten Elementes. In der folgen-

Tabelle 2.

Element	Dichte	Verbindungs-gewicht	Element	Dichte	Verbindungs-gewicht
H	1	1	Na	24	24
C	6	6	Fe	28	28
N	14	14	Zn	32	32
P	14	14	Cl	36	36
O	16	8	K	40	40
S	16	16	Ba	70	70
Ca	20	20	J	124	124

den Arbeit findet sich dann der bedeutsame Satz: „Wenn die mitgeteilte Ansicht richtig ist, so können wir fast das πρωτη ὑλη der Alten als durch den Wasserstoff verwirklicht annehmen eine übrigens gar nicht neue Ansicht . . . . .“

Als Verfasser dieser Aufsehen erregenden Schriften bekannte sich später ein englischer Arzt, W. Prout. Er verbindet seine Hypothese bewußt mit denen der erwähnten Alchimisten und Neuplatoniker, jedoch ist er der erste, welcher ein chemisch definiertes Element zur prima materia erhebt.

Seine Hypothese besteht, wie ihre Veröffentlichung, aus zwei Teilen, die auch im folgenden getrennt betrachtet werden, nämlich:

1. Ganzzahligkeit der auf H = 1 bezogenen A.G. aller Elemente,

2. Wasserstoff als der Baustein der schwereren Atome.

Als Prout diese Hypothesen aufstellte, besaß er nicht einmal zur ersten eigenes Versuchsmaterial, sondern entlehnte es, z. T. recht willkürlich, den Ergebnissen Gay-Lussacs. In den meisten Darstellungen der Geschichte der Chemie wird Prout deshalb als ungründlich hingestellt, und seine Hypothese mehr als literarisches denn wissenschaftliches Ereignis gewertet. Die Gerechtigkeit muß ihm aber zubilligen, daß er später viele, wenn auch mangelhafte Versuche angestellt hat, um seine Behauptungen zu stützen.

Verschiedene namhafte Chemiker, vor allen der ältere Thomson, nahmen sich der Hypothese an. Diesem allerdings wurde sie zum Verhängnis, indem er, dessen frühere Versuche nicht für eine Ganzzahligkeit der A.G. sprachen, aus Begeisterung für die Hypothese in ihr ein Naturgesetz vermutete und sie durch zahlreiche, aber nicht vorurteilsfreie A.G.-Bestimmungen zu beweisen suchte. Auch L. Gmelin neigte der Proutschen Hypothese zu und besprach sie in seinem Handbuche günstig, führte auch die „Mischungsgewichte" der Elemente möglichst ganzzahlig an, wozu er 1827 nach den Ergebnissen von Berzelius nicht mehr berechtigt war. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß der Deutsche Meinecke, offenbar unabhängig von Prout, zwei Jahre nach diesem eine ähnliche Anschauung vertrat, ohne sie indes näher zu begründen.

Der blinde Eifer von Prouts Anhängern schadete der Hypothese mehr als er sie förderte. Berzelius, damals die oberste Instanz aller chemischen Fragen, unternahm vorurteilsfrei eine besonders gründliche Bestimmung des V.G. des Kohlenstoffs, wobei er allerdings den zu hohen Wert 6,12 statt 6,0 erhielt, aber

auch spätere Versuche führten ihn zu einer immer entschiedeneren Ablehnung der Proutschen Ansicht.

Um dieselbe Zeit verblaßte auch in ihrem Vaterlande ihr Stern durch die sorgfältige Analytik Turners, der sie 1832 als mit den besten Analysen unvereinbar erklärte. Somit schien ihr Schicksal schon damals besiegelt, als um 1840 Dumas in Bestätigung Liebigscher Versuche für Kohlenstoff das V.G. 6,00 und bald darauf für Stickstoff 14,00 und Sauerstoff 16,00, alle auf H = 1 bezogen, fand. Freilich ergaben dieselben genauen Methoden, vor allem später in den Händen von Marignac und Stas, für andere Elemente mit gleicher Schärfe Werte, die nicht ganzzahlig waren. Und nach einigen schwachen Versuchen, die Einheit des Urelements auf 0,5 oder 0,25 zu erniedrigen (wodurch nur die Wahrscheinlichkeit der Zahlenbeziehungen, aber nicht die Glaubwürdigkeit der Hypothese wuchs), sprach Stas 1867 die allgemeine Ansicht aus, wenn er sagte: „Somit hielt ich die Proutsche Hypothese für eine reine Einbildung und betrachtete alle für unzerlegbar geltenden Körper als voneinander verschiedene Wesen, die keine einfachen Gewichtsbeziehungen zeigten."

Damit schien eigentlich mit dem ersten Teil der Hypothese sie selbst erledigt. Zwar tauchte sie, besonders in ihrem zweiten Teil, hier und da in spekulativen Köpfen wieder auf, aber solange keine neue Idee hinzukam, die neue Experimente verlangte, blieb sie selbst durch das Experiment widerlegt. Drei Ideen haben im Laufe der letzten 50 Jahre befruchtend und entscheidend auf die Hypothese Prouts eingewirkt, das periodische oder natürliche System der Elemente, die Theorie des radioaktiven Zerfalls und neuerdings die Atomistik.

Hatten bisher die Anhänger Prouts nur für den ersten Teil der Hypothese Material liefern können, so kam durch die Aufstellung des periodischen Systems (P.S.) um das Jahr 1865 ein ganz neuer Lichtstrahl auf ihren zweiten Teil, den Aufbau der schwereren Elemente aus Wasserstoff, da dieses auf die nachbarlichen und verwandtschaftlichen Beziehungen in den Eigenschaften chemischer Elemente hinwies.

Die Aufstellung des P.S. durch Newlands, Lothar Meyer und besonders Mendelejeff geschah rein auf Grund der fortlaufenden A.G., ohne deren zahlenmäßiges Verhältnis in verwandten Gruppen

auszuwerten, wie dies etwa Döbereiner versucht hatte. Zunächst schien somit keine unmittelbare Beziehung zur Proutschen Hypothese gegeben. Indessen kann man sich beim Studium der ungeheuren Literatur über das P.S. von den ersten Arbeiten an nicht dem Eindruck verschließen, daß fast alle Autoren, wenn auch nur verblümt oder stillschweigend, aus seinen Gesetzmäßigkeiten die Folgerung gezogen haben, die Elemente hätten sich in der Reihenfolge ihrer Atomgewichte oder sonstwie aus- oder nacheinander entwickelt. So sagt W. Ostwald einmal: „Wenn die Eigenschaften der Elemente sich als Funktionen der A.G. erweisen, so liegt es nahe, in diesen auch die Ursachen jener zu suchen, und daher läßt sich die Vorstellung von einer einheitlichen Urmaterie nicht von der Hand weisen."

So enge indessen dieses Problem der „Evolution der Materie" mit der Proutschen Hypothese zusammenhängt, so stellt es doch eine wesentliche Verallgemeinerung derselben dar und kommt für uns nur soweit in Betracht, als der Wasserstoff als Urmaterie darin waltet.[3] Diese unsere Hypothese im engeren Sinne zog aus dem P.S. reichlich Nahrung, denn dieses brachte gerade den Wasserstoff zu besonderem Ansehen. Zunächst war er nämlich, und nur er, im P.S. der üblichen[4] Anordnung nicht oder nur gewaltsam unterzubringen. Mendelejeff stellte ihn über die Alkalimetalle, da er, wie diese, streng einwertig war und analoge Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen aufwies. Man findet ihn bald über der Untergruppe Ia oder Ib, bald unentschieden in der Mitte. Masson u. a. stellten ihn über die Halogene, was in neuerer Zeit verschiedene Fürsprecher gefunden hat wegen der Analogie der Hydride mit den Halogeniden.[5]

[3] So muß von den geistreichen Ausführungen eines Crookes über die Entwicklung der chemischen Elemente aus einem Urstoff und gewissen Metaelementen abgesehen werden; ebenso von denen Preyers, der die Elemente der ersten Horizontalreihe im P.S. als erste Generation eines Stammbaumes betrachtete, der die schwereren verwandten Elemente erzeugt; daß diese ersten Generationen selbst aus Wasserstoff „verdichtet" sein könnten, wird nur gestreift. Die eigenartigste und bis heute noch nicht gerichtete Annahme dieser Art stammt von Nicholson, der neben bezw. anstatt Wasserstoff sechs andere Elemente, wie Nebulium, Coronium, Archonium und Protowasserstoff zum Aufbau der schwereren Atome verwendet. Er vermochte sogar ihre Spektrallinien zu berechnen, deren Wellenlängen sich für das in der Sonnencorona nachgewiesene Coronium überraschend genau bestätigten.

[4] Vgl. jedes Lehrbuch der Chemie.

[5] Vgl. z. B. Nernst, Z. f. Elektroch. 26, 323 (1920).

L. Meyer und Retgers ließen den Wasserstoff ganz weg, letzterer, wie er sagte, „bequemlichkeitshalber", ersterer mit tieferem Verständnis: „weil er eine Ausnahmestellung zu beanspruchen scheint". Jetzt steht er meist einsam über oder neben dem eigentlichen System wie ein nicht geladener Gast.

Seine Sonderstellung hat aber auch noch andere Gründe. Zufällig war er von Dalton zur Einheit gewählt worden, weil er das kleinste bekannte A.G. besaß. Dies hat er auch heute noch. Chemisch läßt sich seine Eigenart etwa dadurch kennzeichnen, daß er ausgesprochen metallische Eigenschaften mit fast ebenso stark ausgesprochenen nichtmetallischen vereinigt, m. a. W., daß er sich sowohl elektropositiv wie elektronegativ zu betätigen vermag.

Eine sehr eigenartige Begründung hat Sir Lockyer vor etwa 40 Jahren gegeben. Die Spektren der heißesten Sterne scheinen darauf hinzudeuten, daß sie hauptsächlich aus Wasserstoff bestehen, während weniger heiße die H-Linien nur geschwächt und von denen anderer Elemente begleitet ausstrahlen. Daraus entnahm Lockyer, daß alle Elemente bei sehr hohen Temperaturen in Wasserstoff zerfallen. Diese Idee wurde von Mills und neuerdings von C. Schmidt u. a. aufgegriffen, die den Wasserstoff als Überbleibsel einer abgelaufenen Entwicklungsperiode betrachten, „als kosmischen Fremdling unter den irdischen Elementen". In neuester Zeit ist freilich diese Hypothese recht unwahrscheinlich geworden.[6]

Alle diese und ähnliche Hypothesen beschäftigten sich nur mit dem zweiten Teil der Proutschen Hypothese ohne die Ganzzahligkeit der auf Wasserstoff bezogenen A.G. der Elemente zu berücksichtigen. Hierüber sind von sehr zahlreichen anderen Forschern Deutungs- und Vermittlungsversuche gemacht worden, die immer wieder von der unleugbaren Tatsache ausgingen, daß für die Basis $O = 16$ ganze Zahlen in den A.G. auffällig häufig sind. Die verschiedenen Autoren rechnen dabei oft recht willkürlich und kommen zu Formeln, die durch keine rechte Vorstellung erklärlich werden, wie z. B. die von

Mills	A.G. = $m \cdot 15 - 15 \left(\frac{15}{16}\right)^n$,	
Stoney	A.G. = $0{,}785 \cdot \log (m \cdot a)$ $(\log a = 1{,}986)$,	
J. Thomson	A.G. = $m + n \cdot a$ $(a = 0{,}012)$,	und neuerdings
Bilecki	A.G. = $1{,}86 \cdot m$,	

[6] Vgl. J. Eggert, Phys. Zeitschr. 20, 570 (1919).

worin m und n ganze Zahlen bedeuten. Wir werden aber später sehen, daß diese Formeln alle nur zufällige Treffer geben können, weshalb wir nicht näher darauf einzugehen brauchen.

Lothar Meyer, dessen Wort uns hier besonders viel gilt, schreibt in seinem letzten Werk (1896), es sei denkbar, daß die Atome der Elemente aus einer Urmaterie, vielleicht Wasserstoff, zusammengesetzt seien, daß aber ihre Gewichte deshalb nicht als Vielfache voneinander erscheinen, weil außer diesen Teilchen noch größere oder geringere Mengen der vielleicht nicht gewichtlosen Materie mit eingehen, die den Weltraum erfüllt und gewöhnlich Äther genannt wird. Wir werden bald sehen, daß Meyer hiermit einen wirklichen Grund für die Abweichungen der A.G. von ganzen Zahlen geahnt hat, den uns erst das Relativitätsprinzip von Einstein aufgeklärt hat.

Einen wirklich neuen Gesichtspunkt zur Klärung dieser Zahlenbeziehungen verdanken wir Rydberg; nachdem schon Lorenz 1896 in seiner sog. Zwillingsregel zum Ausdruck brachte, daß die Elemente die Neigung besitzen, sich in benachbarten Paaren über die A.G.-Reihe zu verteilen, wie B C, F Ne, Na Mg ,Al Si, PS usw., zeigte der jüngst verstorbene Rydberg, daß sich die ganzen Zahlen der AG. besonders häufig den beiden Formeln $4n$ und $4n-1$ nähern, worin n ganze Zahlen sind. Man erhält so in Abständen von je 4 Einheiten des AG. 2 Reihen von Elementen, wobei die mit geradzahligen A.G. bei He, die ungeraden bei Li beginnen (Tabelle 3). Die dort statt der Zahlen $4n$ und $4n-1$ erscheinenden

Tabelle 3.

Element	O.Z.	Atomgewicht		Differenz	Element	O.Z.	Atomgewicht		Differenz
		berechn.	gefunden				berechn.	gefunden	
He	2	4.00	4.00	0.00	Li	3	7.00	6.94	−0.06
Be	4	8.00	9.1	+1.1	B	5	11.00	11.0	0.0
C	6	12.00	12.00	0.00	N	7	15.00	14.01	−1.0
O	8	16.00	16.00	0.00	F	9	19.00	19.0	0.0
Ne	10	20.00	(20.2)	(+0.2)	Na	11	23.00	23.00	0.00
Mg	12	24.00	24.32	+0.32	Al	15	27.00	27.1	+0.1
Si	14	28.00	28.3	+0.3	P	17	31.00	31.04	+0.04
S	16	32.00	32.06	+0.06					

Zahlenreihen, in denen $n = \frac{1}{2}$ zu setzen ist, ergeben die sog. Ordnungszahlen O.Z., welche hier vorerst lediglich die Zahl bedeuten,

die jedem Element zukommt, wenn es von H = 1 an nach steigendem A.G. fortlaufend numeriert wird. Harkins und Wilson, die sich auch mit dieser Regelmäßigkeit beschäftigten, schlugen neuerdings ohne Kenntnis der Rydbergschen Formel eine gemeinsame Formel vor, in welcher der Klammerausdruck für gerade n verschwindet:

$$\text{A.G.} = 4n - \{{}^1/_2 + [(-1)^{n-1} \cdot {}^1/_2]\}.$$

Strutt und andere Forscher verglichen die Wahrscheinlichkeit der ganzen Zahlen mit ihrer praktischen Häufigkeit und fanden die letztere viel größer als die berechnete. Selbst mit modernsten mathematischen Methoden findet v. Mises die Wahrscheinlichkeitsdichte der Ganzzahligkeit mehr als 9mal so groß als den betreffenden Durchschnittswert.

Zusammenfassend läßt sich über den ersten Teil der Proutschen Hypothese im Hinblick auf das von allen Deutungen befreite Zahlenmaterial etwa folgendes sagen:

1. Die Häufigkeit ganzer Zahlen überwiegt die Wahrscheinlichkeit,
2. die ganzen Zahlen nähern sich auffällig den Werten $4n$ und $4n-1$.

Für diese zwei empirisch gefundenen Angaben werden sich von anderer Seite her kräftige Stützen ergeben. —

Die Entdeckung Ramsays von der Heliumerzeugung radioaktiver Stoffe hat nicht nur das Axiom von der Unzerstörbarkeit der Elemente ins Wanken gebracht, sondern gleichzeitig den Beweis für Rutherfords Theorie radioaktiver Zerfallsprozesse geliefert, nach welcher bekanntlich aus einem Element unter Strahlenaussendung ein anderes entstehen sollte. Nun lag es auch für den, der Prouts Hypothese fernstand, mehr als nahe, diesen selbsttätigen und nachweislichen Abbau schwerer Elemente zu leichteren in eine Theorie des Aufbaues leichterer zu schwereren Elementen umzukehren und in den Abbauprodukten nach einer Urmaterie zu suchen. Die einfachsten nachweisbaren Bausteine waren die beim Zerfall ausgeschleuderten α-Strahlen (doppelt positiv geladene Heliumatome) und die β-Strahlen (negative Elektronen). Letztere konnten infolge ihrer sehr geringen Masse, besonders aber wegen ihrer negativen Ladung nicht die ausschließlichen Bestandteile der

neutralen Atome sein. Das Hauptaugenmerk wandte sich daher dem Helium zu, das man allgemein als Bestandteil schwererer Atome in deren Innerem fertig vorgebildet annahm. Bei seiner Ausschleuderung aus einem Atom (z. B. Radium) mußte dieses einen Massenverlust von 4 Einheiten des A.G. erleiden, die so entstandene Radiumemanation durch α-Strahlung wiederum 4 Einheiten, usw. Dies wirft ein sehr überraschendes Licht auf die zwei Elementenreihen unserer Tabelle 4, deren A.G. ja um je 4 Einheiten abgestuft sind.

Noch klarer, und zu einer Extrapolation auf die leichteren Elemente verlockend, kam dies zum Ausdruck, als es 1913 Fajans und Soddy gelang, sogen. Verschiebungssätze aufzustellen, vermöge deren die Einreihung der Radioelemente in das P.S. gelang. Diese lassen sich so ausdrücken, daß bei einer radioaktiven Umwandlung eines Elementes, die unter α-Strahlung erfolgt, seine Ordnungszahl sich um zwei Einheiten verringert, die Stelle im P.S. sich also um zwei nach links in eine Horizontalreihe verschiebt. So entsteht aus Ionium (IV. Gruppe) das Radium (II. Gruppe) und aus diesem Ra-Emanation (0. Gruppe) (vergl. Tabelle 4). Bei einer

Tabelle 4.

A.G.	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	A.G.
218	(Ac Em)								218
220	Th Em								220
222	Ra Em		(Ac X)						222
224			Th X						224
226		—	Ra	(Ac)	(Ra Ac)			—	226
228			Ms Th I	Ms Th I	Ra Th				228
230					Io (UY)	(Pa)			230
232					Th				232
234					U X I	U X II	U II		234
236									236
238							U I		238

β-Strahlenumwandlung dagegen entspricht die Änderung des chemischen Charakters eines Elementes einer Verschiebung um eine Stelle nach rechts in einer Horizontalreihe, die Ordnungszahl erhöht sich also um eine Einheit, während das A.G. praktisch unverändert bleibt. Diese ganz unbeabsichtigte Übereinstimmung

mit Rydbergs empirischer Formel forderte fast dazu heraus, zwei genetische Reihen von Elementen anzunehmen, die sich aus He-Atomen aufbauen, wobei die eine (geradzahlige) Reihe das Helium selbst zum Stammvater habe.

Obwohl hier die Proutsche Hypothese vom Wasserstoff auf das Helium übertragen erscheint, so kann doch letzeres nicht das einzige Bauelement sein, denn das Lithium (Li = 6,94) kann sich nicht wohl allein aus He aufbauen. Wieder greift man hier zu dem leichtesten Element zurück und damit in den Kreis der Proutschen Hypothese. Kann Wasserstoff das Anfangsglied der Elementenreihe mit ungeraden A.G. sein, und hängen die beiden Reihen genetisch zusammen? Gibt es eine Wasserstoffumwandlung, und welcher Verschiebungsatz wäre bei ihr zu erwarten? Diese Fragen können wir heute noch nicht klar beantworten; immerhin würde die Wasserstoffumwandlung einen Massenverlust von einer Einheit des A.G. im Gefolge haben, und da die Ordnungszahl des H auch 1 ist, würde sich eine Verschiebung der Stelle im P.S. um eins nach links in einer Horizontalreihe ergeben, umgekehrt wie bei einer β-Strahlenumwandlung. Die beiden Reihen $4n$ und $4n - 1$ könnten somit durch eine solche H-Umwandlung miteinander verknüpft sein, doch muß dies bis jetzt noch als recht hypothetisch gelten.[7]

Die Radioaktivität leistet aber auch für den ersten Teil unserer Hypothese wertvolle Aufschlüsse. Ordnet man mit Hilfe der genannten Verschiebungssätze die Radioelemente, angefangen mit Uran I und Thorium, in das P.S. ein, so zeigt es sich, daß man an Stelle eines Elementes ganze Gruppen — Plejaden nennt man sie — von Elementen bekommt, die alle ihrem chemischen Verhalten nach diesen Platz beanspruchen und dabei doch Unterschiede im A.G. bis zu 8 Einheiten sowie in ihren radioaktiven Eigenschaften aufweisen. Tabelle 4 zeigt die unterste Horizontalreihe des P.S. nach Unterbringung der zu ihr gehörigen Radioelemente. Eine solche Gruppe von gleichstelligen oder isotopen Elementen muß dem Chemiker bei allen Reaktionen wie ein Element erscheinen, da er sie ja nicht trennen kann, und das A.G. einer

[7] Einen entfernten experimentellen Hinweis auf eine Wasserstoffumwandlung kann man mit Fajans in dem Befund Ramsays erblicken, der in vielen Mineralien der seltenen Erdelemente Wasserstoffgas gefunden hat. Ferner konnten Marsden und Lautsberry die Bildung von Wasserstoff bei radioaktiven Vorgängen nachweisen.

solchen Gruppe, z. B. der Thorplejade, muß einen Mittelwert ergeben, der den vorhandenen Mengenverhältnissen der isotopen Bestandteile entspricht.

Schon 1913 hatte Fajans bei der Entdeckung der Isotopie auf die Möglichkeit hingewiesen, daß man die Abweichungen der A.G. von ganzen Zahlen auf das Vorhandensein von Isotopengemischen zurückführen könne. Dies ist auch tatsächlich für einige Glieder der Blei- und der Thorplejade experimentell festgestellt worden. Und neuerdings konnten Thomson und Aston mittels ihrer Kanalstrahlen-Analyse bei fünf anderen Elementen den Nachweis, oder wenigstens hohe Wahrscheinlichkeit erhalten, daß sie komplexe Gemische von mindestens 2 Isotopen sind, nämlich

Neon 20,2 aus 0,9 Neon (20) und 0,1 Metaneon (22),
Chlor 35,46 aus 0,75 Chlor (35) und 0,25 Metachlor (37),
Krypton 82,9 aus mehreren Isotopen mit A.G. zwischen 78 und 86,
Xenon 130,2 aus mehreren Isotopen mit A.G. zwischen 128 u. 135,
Quecksilber 200,6 aus mehreren Isotopen um das A.G. 200.

Die Isotopie läßt sich also sehr wohl für die groben Abweichungen der A.G. von Prouts erster Hypothese verantwortlich machen. Gerade das Chlor hatte bisher immer den schlagendsten Gegengrund gegen jene Forderung der Ganzzahligkeit gebildet.

Die zweite aus der Radioaktivität sich ergebende Folgerung ist von etwas feinerer Größenordnung. Der Massenverlust eines Atoms bei Aussendung eines α-Teilchens wurde vorhin zu 4,00 Einheiten, dem A.G. des He, angenommen. Das ist nicht ganz richtig. Dieses α-Teilchen fliegt mit einer sehr großen Energie aus dem Atom heraus, wobei dieses also auch noch die von jenem fortgeführte Energiemenge verliert. Nach der relativistischen Anschauung Einsteins stellt nun jede Energieform E auch eine gewisse Masse dar, und zwar $\frac{E}{c^2}$; worin c die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet; für die α-Strahlenenergie berechnet, pro Umwandlung nicht ganz 0,01 AG.-Einheiten. Dieser Massenverlust durch die Energieabgabe bei radioaktiven Vorgängen, auf den zuerst Swinne aufmerksam machte, ist also für die Abweichung der A.G. von ganzen Zahlen ebenfalls von Belang. So ist das A.G. des aus Ra entstehenden Bleies nicht 225,97 — 5 × 4,00 (5 α-Teilchen) = 205,97, sondern es sind noch 0,03 Einheiten für die durch die Energie der α-Strahlen entführte Masse abzuziehen.

Die Radioaktivität hat somit im allgemeinen eine wesentliche Bestärkung der Prout'schen Hypothese geliefert. Sie hat deren ersten Teil der ganzzahligen A.G. in ein neues Licht gerückt durch Isotopie und energetischen Massenverlust; sie hat ferner einfache Bausteine schwerer Atome teils aufgedeckt — das Helium, — teils angedeutet — den Wasserstoff. Aber gerade diese letzte und eigentliche Frage zu beantworten, verblieb den allerjüngsten Forschungen und Theorien über den inneren Aufbau der Atome. —

Ist vielleicht das He selbst aus H aufgebaut? Wir erinnern uns an die vorhin erwähnte Ordnungszahl, die den Platz eines Elementes im P.S. bestimmt. Diese vertieft ihre ursprünglich formale Bedeutung zu einem ganz entscheidenden Merkmal des Elements, wenn wir sie mit dem Bilde vereinigen, das wir uns heute von dem Aufbau der Atome machen.

Hiermit begeben wir uns für kurze Zeit von dem Boden fester Tatsachen auf hypothetisches Gebiet, werden aber zu jenem zurückkehren ohne mehr als anschauliche Vorstellungen mitzunehmen. Nach dem heute wahrscheinlichsten Atommodell von Rutherford-Bohr besteht jedes Elementaratom aus einem positiv geladenen Kern von äußerst kleinen Dimensionen, der praktisch alle Masse des Atoms darstellt, und aus einer Anzahl von Elektronen, die um jenen Kern in bestimmten Bahnen kreisen, also ähnlich der Anordnung, die wir im großen vom Planetensystem her kennen. Die Zahl der kreisenden negativen Elektronen muß im neutralen Atom gleich der Zahl der positiven Elementarladungen des Kernes sein. Nun ist kaum mehr zu bezweifeln, daß diese Kernladungszahl (= Elektronenzahl) gleich ist der Ordnungszahl des Elements im P.S. Die Kernladungszahl ist dem Versuch zugänglich, da Moseley und später Barkla gezeigt haben, daß sie in einer sehr einfachen Beziehung zu den charakteristischen Röntgenspektren der Elemente stehen.

Das einfachste Modell eines Atoms wäre dann nach Bohr das des H mit der O.Z. 1, das man sich als einen einfach positiv geladenen Kern vorstellt, den ein Elektron umkreist. Verliert er das Elektron, so wird er zum Wasserstoffion, welches somit aus einem H-Kern besteht. Mit der O.Z. 2 hätte das He einen Kern mit doppelt positiver Ladung und 2 ihn umkreisenden Elektronen. Das α-Teilchen stellt den reinen He-Kern dar und ist, wie Geiger

zeigte. wirklich doppelt positiv geladen. Das Li bestünde dann aus dreifach positiv geladenem Kern und 3 Elektronen usw. bis zum Uran, dessen Kernladung zu 92 angenommen wird.

Wie verhält sich aber nun all dies zu unseren Atomgewichten? Wir lernen in der O.Z. ein neues beherrschendes Prinzip des P.S. kennen. Das A.G. hat seine Herrschaft in der Chemie an diese O.Z. verloren und behält nur in zweiter Linie Bedeutung, indem es zwar die Kernmasse, aber nicht das gesamte Wesen eines Elements und dessen Platz im P.S. kennzeichnet, wie schon die Tatsache der Isotopie beweist. Wir sehen auch, daß wir die Ergebnisse der Radioaktivität daraufhin nachprüfen müssen. Nicht Helium als neutrales Atom wird der im α-Strahl nachgewiesene Baustein sein, sondern der He-Kern bildet diesen.

Nun finden wir auch wieder zu der Proutschen Hypothese zurück, die wir für kurze Zeit scheinbar außer acht ließen: Ist der Heliumkern selbst aus Wasserstoffkernen aufgebaut? Sind m. a. W. die Kerne aller Atome aus denselben positiven Elementarbestandteilen zusammengesetzt, die wir schon im H-Modell vorfinden?

Den Zusammentritt von solchen Kernen gleicher Ladung, die nach den elektrostatischen Gesetzen einander abstoßen müssen, zu einem größeren Kern wird nur möglich, wenn man negative Ladungsträger hinzuzieht, durch die erstere sozusagen verkittet werden. Die Kernladungszahl wird hierdurch einfach zum algebraischen Überschuß der positiven Ladungen über die negativen und bleibt im übrigen unverändert. Nähme man an, daß der He-Kern sich aus 2 H-Kernen und einem Elektron bildet, so bekäme man für He dieselbe O.Z. 1 wie für H. Man muß also mindestens 3 H-Kerne + 1 Elektron oder 4 H-Kerne + 2 Elektronen zum Aufbau des He-Kernes verwenden. Nur das letztere Schema führt zu der Masse 4 des Heliums.

Aber nicht ganz genau. Treten vier H mit den Massen 1,0078 zu He zusammen, so ergibt sich unter Vernachlässigung der beiden (an Masse sehr geringen) Elektronen $4 \cdot 1{,}0078 = 4{,}031$, während das A.G. des He den genauen Wert 4,002 hat. Die 4 H-Kerne scheinen also beim Zusammentritt zu einem He-Kern einen Massenverlust von 0,03 Einheiten oder 0,77% des A.G. zu erleiden, eine Art „Packwirkung“ (Harkins und Wilson). Nach der genannten Forderung des Relativitätsprinzips entspricht nun

dieser Massenverlust — ganz wie beim Verlust eines α- oder β-Teilchens — einer Einbuße am Energieinhalt, und zwar pro Grammatom He 0,03 c^2, worin c wieder die Lichtgeschwindigkeit bedeutet. Um also einen solchen He-Kern wieder in H-Kerne zu zersprengen, müßte mindestens ebensoviel Energie zugeführt werden. Dies ist aber mit allen uns zugänglichen Hilfsquellen, selbst mit den stärksten α-Strahlen nicht möglich. Diese besitzen bestenfalls nur eine kinetische Energie von 0,009 c^2, und der He-Kern, mit ihm das He-Atom, erscheint somit als genügend stabil für alle irdischen Angriffe.

Wir können somit verstehen, warum das He, obwohl es als selbständiger Baustein der Materie in den radioaktiven Vorgängen auftritt, trotzdem ein Aggregat von weiteren Bausteinen, H-Kernen plus Elektronen, sein kann, das wir nur nicht imstande sind zu zerlegen.

Aber wir dürfen sogar noch weiter extrapolieren. Wir haben nicht nur das He aus H-Kernen und die schwereren Atome aus He-Kernen — und vielleicht H-Kernen aufgebaut zu denken, sondern wir besitzen starke Anhaltspunkte, um die Kerne aller Elemente als aus H-Kernen zusammengesetzt anzunehmen. Auf Grund der modernsten A.G.-Werte haben Harkins und Wilson die Packwirkung für die ersten 27 Elemente zusammengestellt. (Tab. 5). Nimmt man mit Prout den Wasserstoff H = 1,000, also nicht unsere Sauerstoffbasis 0 = 16,000 als Einheit für die A.G.-Werte an, so berechnen sich diese nach Spalte 2; die Differenz gegen die nächste ganze Zahl ist absolut in Spalte 4, prozentual in Spalte 5 angegeben. Es zeigt sich hier, daß die obige Berechnung einer Massenabnahme von 0,77 % sich auffallend häufig wiederholt. Abweichungen sind freilich vorhanden, so bei Mg, Si, Ne, Cl; indes geben uns gerade die Fälle des Neon und des Chlor, welche als Isotopengemisch ganzzahliger Elemente ziemlich sicher nachgewiesen sind, ein Recht, derartige sichtlich vereinzelte Abweichungen zu Lasten der Isotopie zu buchen. Es bleibt eher auffällig, daß trotz dieser Komplexität vieler Elemente die Berechnung so gut stimmt. Beim Beryllium ist die Packwirkung nicht angegeben, da sein A.G. nur ungenau bekannt ist, bei Ne und Cl aus den obengenannten Gründen.

Natürlich bekommt man mit der Wasserstoffbasis H = 1 keine ganzzahligen A.G., da die Packwirkung dieselben immer

wieder prozentual verkleinert. Wohl aber erklärt sich für unsere gewöhnliche Sauerstoffbasis die Häufigkeit ganzer Zahlen in den A.G., da in O = 16,000 schon diese Packwirkung einbezogen ist:

$$16 \cdot 1{,}0078 = 16{,}125 = 16{,}000 + 0{,}77\,\%_0.$$

Tabelle 5.

Element	Atomgewicht H = 1	Fehler der A.G.-Best.	Differenz gegen ganze Zahl	Prozentige Abweichung von ganzer Zahl
1	2	3	4	5
H	1.000	—	—	—
He	3.969	±0.002	−0.031	−0.77
Li	6.89	0.01	−0.11	−1.62
Be	9.03	0.1	—	—
B	10.91	0.05	−0.09	−0.77
C	11.91	0.005	−0.09	−0.77
N	13.90	0.005	−0.10	−0.70
O	15.88	0.002	−0.12	−0.77
F	18.85	0.05	−0.15	−0.77
Ne	20.2	?	—	—
Na	22.82	0.01	−0.18	−0.77
Mg	24.13	0.03	+0.13	+0.55
Al	26.89	0.1	−0.11	−0.40
Si	28.08	0.1	+0.08	+0.31
P	30.78	0.01	−0.22	−0.71
S	31.82	0.01	−0.18	−0.56
Cl	35.24	?	—	—
A	39.57	0.02	−0.43	−1.07
K	38.80	0.01	−0.20	−0.52
Ca	39.76	0.03	−0.24	−0.60
Sc	43.76	0.2	−0.24	−0.55
Ti	47.73	0.1	−0.27	−0.57
V	50.61	0.1	−0.39	−0.77
Cr	51.60	0.05	−0.40	−0.77
Mn	54.50	0.05	−0.50	−0.90
Fe	55.41	0.03	−0.59	−1.06
Co	58.51	0.02	−0.49	−0.83

21 Elemente (ohne Be, Mg, Si, Cl) im Mittel −0,77 % „Packwirkung".

Somit haben wir mit dieser Basis einen für die Proutsche Hypothese besonders glücklichen Griff getan, indem wir den sich (in Tabelle 5) normal verhaltenden Sauerstoff und somit jene letzte Einheit der Materie zugrunde legten, den Wasserstoff**kern**, der auch den richtigen Kern in Prouts gewagter Hypothese darstellt.

Diese Hypothese können wir somit nach dem heutigen Stande unseres Wissens umformen zu der dualistischen Gestalt:

Es ist wahrscheinlich, daß sich alle Materie aus Wasserstoffkernen und aus Elektronen aufbaut.

Aber wir haben sogar mehr als eine bloße Wahrscheinlichkeit, nämlich etwas, das einem Beweis schon recht nahekommt. Es wurde vorhin die Stabilität des He-Kernes berechnet, der sich aus 4 H-Kernen zusammenfügt, und keine weitere Annahme über Struktur oder sonstiges dabei vorausgesetzt. Rechnet man mit Sommerfeld auf dieselbe Weise die Stabilität der anderen Elemente durch, so bekommt man aus dem Kohlenstoff mit 12,002 plus 2 H-Kernen für Stickstoff den A.G.-Wert 14,017, während der Stickstoff in Wirklichkeit ein A.G. von nur 14,008 besitzt. Der Unterschied in der Masse beträgt —0,009 Einheiten, was einen Energieverlust von 0,009 c^2 bedeutet. Dies ist aber genau dieselbe Zahl, die wir vorhin (S. 81) für die Energie der schnellsten α-Strahlen erhielten.

Nun hat Rutherford (in anderer Absicht) den Stickstoff mit den stärksten α-Strahlen bombardiert und Ergebnisse erhalten, die nicht wohl anders zu deuten sind, als daß aus dem Kern des Stickstoffatoms tatsächlich leichte Teilchen von der Masse 1 herausgeschleudert, -geschossen werden. Wenn hier also zum ersten Male nicht Helium, sondern Wasserstoff als Baustein eines Atoms aufzutreten scheint, so wäre damit Prouts Hypothese vom Urelement Wasserstoff experimentell bewiesen, und wir hätten gleichzeitig den Fall einer Atomzerlegung auf künstlichem Wege vor uns, wie es die Alchimisten geträumt hatten.

Wir haben nun die Wege und Irrwege der Proutschen Hypothese durch die Wissenschaft der letzten 100 Jahre verfolgt und sehen sie heute von der Chemie Abschied nehmen, um in dem Atomkern, dem Bereich der Physik, zu verschwinden. Wir können ihr bei ihrem Scheiden für manche Anregung danken, denn sie hat, gerade durch ihre Hartnäckigkeit, die Wissenschaft immer wieder auf ihr letztes Ziel, den Zusammenhang und das innerste Wesen aller Materie hingewiesen, und die Forschung angefeuert, immer neue Tatsachen zum großen Lehrgebäude heranzutragen, wohl der schönste Erfolg, den eine Hypothese zeitigen kann.

Erdölbitumen und Kohlebitumen, ein Vergleich.

Habilitationsvortrag, gehalten am 13. Dezember 1919 im Chemischen Institute der technischen Hochschule in Karlsruhe in Baden,

von **Helmut W. Klever.**

In den letzten Jahren sind eine Anzahl Arbeiten über das Kohlebitumen veröffentlicht worden, welche unsere Kenntnis über diese Substanz erweitert haben. Diese Arbeiten sind insbesondere mit den Namen A. Pictet[1] und F. Fischer[2] und ihren Mitarbeitern verknüpft.

Da man aus diesen Arbeiten Schlüsse auf die Zusammensetzung und die Bildung des Kohlebitumens in der Natur ziehen kann, so liegt es nahe, diese Schlüsse mit demjenigen, was bisher über die Natur des Erdölbitumens bekannt geworden ist, zu vergleichen und von neuem die Frage zu erörtern, ob Erdöl aus Kohle in der Natur allgemein entstanden ist.

Vor der Gegenüberstellung der beiden Arten Bitumina werde ich zunächst ganz kurz auf die Theorie der Polymerisation und Depolymerisation hindeuten, soweit sie für die Bildung des Bitumens in Betracht kommt. Ich benutze dabei die von A. Kronstein[3] eingeführte Nomenklatur.

---

[1] Ber. chem. Ges. 44 (1911), S. 2486/97; ebenda 46 (1913), S. 3342/53; ebenda 48 (1915), S. 929; Compt. rend 163 (1916), S. 358/61 (Chem. Centr. 1917, II, S. 787); Aun. de Chim. [9] 10 (1918), S. 249/330 (Chem. Centr. 1919, III, S. 220/22); Helv. Chim. Acta 2 (1919), S. 188/195 (Chem. Centr. 1919, I, S. 1005); ebenda 2 (1919), S. 501 (Chem. Centr. 1920, I, S. 456); ebenda 2 (1919), S. 698/703 (Chem. Centr. 1920, I, S. 653).

[2] Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Berlin, Borntraeger, Bd. 1—3, 1917, 1918, 1919.

[3] Ber. chem. Ges. 35 (1902), S. 4150 u. 4153 u. ebenda 49 (1916), S. 732, ferner Engler-Höfer „Das Erdöl", Bd. I, S. 28, S. 393, S. 420 ff.

Hierauf möchte ich Ihnen über die Entstehung des Erdölbitumens berichten, und zwar summarisch, denn diese Materie ist Ihnen meistenteils bekannt.

Daran anschließend werde ich an Hand der neueren Arbeiten die Bildung des Kohlebitumens ausführlicher auseinandersetzen und schließlich den Vergleich zwischen beiden Bitumina bringen.

Die im Bitumen sich abspielenden Polymerisations- und Depolymerisationsvorgänge verlaufen im Sinne der sogen. „mesomorphen Polymerisation und Depolymerisation."

Das Schema dieses Vorganges ist folgendes:

Das monomere Ausgangsprodukt polymerisiert unter dem Einfluß von Wärme oder Katalysatoren oder unter der Wirkung beider Einflüße zu einem mesomorphen Zwischenprodukt, welches einen definierten, höher molekularen Körper vorstellt. Dies Zwischenprodukt ist gesättigter und schwerer löslich in Lösungsmitteln geworden. Durch weitere Einwirkung von Wärme und Katalysatoren kann es so hoch polymerisieren, daß es gesättigt und in Lösungsmitteln unlöslich oder darin höchstens kolloidal löslich wird. Es wird dann zum „mesomorphen unlöslichen Endprodukt", welches das Endprodukt der Polymerisation vorstellt. Dies Endprodukt läßt sich bei Anwendung noch höherer Temperaturen spalten, abbauen, aber nicht oder nur zu sehr geringem Teil in das monomere Ausgangsprodukt zurückverwandeln. Die Spaltung verläuft in anderer Richtung.

Im Gegensatz zur mesomorphen Polymerisation erhält man aus dem Endprodukte der sogen. „euthymorphen Polymerisation" beim Erhitzen das monomere Ausgangsprodukt zurück. Ich erinnere an das Beispiel Formaldehyd-Paraformaldehyd, Cyclopentadien-Polycyclopentadien usw.

Ein Beispiel für die mesomorphe Polymerisation ist die Harzbildung aus Terpenen. Ein mesomorphes Zwischenprodukt in der Natur ist z. B. der in Lösungsmitteln lösliche Anteil des Bernsteins. Ein mesomorphes Endprodukt ist das Kopalharz.

Die Spaltung des Endproduktes bei der Depolymerisation verläuft so, daß ein gesättigtes und ein ungesättigtes Spaltstück erhalten wird.

Ein Reaktionsschema hierfür habe ich Ihnen in Tabelle I wiedergegeben. Dasselbe ist im Prinzip mit dem Schema, welches Thorpe und Young im Jahre 1872 aufgestellt haben, identisch.

Tabelle 1.

(Modifiziertes Reaktionsschema nach Thorpe & Young 1872).

$CH_3 \cdot (CH_2)_n \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot C{}^{H}_{H} \cdot (CH_2)_m \cdot CH_3$

↓ Spaltreaktion

$CH_3 \cdot (CH_2)_n \cdot CH_3 \;+\; CH_2 = CH \cdot (CH_2)_m \cdot CH_3$

gesättigtes ungesättigtes Spaltstück

$CH_3 \cdot (CH_2)_n \cdot CH_2 \cdot C{}^{H}_{H} \cdot C{}^{H}_{H} \cdot CH_3$

↓ Krakreaktion

$CH_3 \cdot (CH_2)_n \cdot CH_3 + CH_2 = CH \cdot CH_3$

hochmolekulares gesättigtes Spaltstück	ungesättigtes gasförmiges Spaltstück (Propylen)

Ein hochmolekularer Paraffinkohlenwasserstoff wird gespalten. Dies kann in zweierlei Weise geschehen: in milder Form, bei mässiger Wärmezufuhr, z. B. bei 300°, oder mit energischerem Eingriff in das Molekül, — bei höherer Temperatur, z. B. oberhalb 400°, — unter Abspaltung von Gasen. In dem ersteren Falle, wenn hochsiedende Spaltstücke resultieren, spricht man von Spaltreaktionen, in dem letzeren, wenn Gase resultieren, von Krakreaktionen.

Ich möchte daran erinnern, daß während der Polymerisation und Depolymerisation Isomerisationen stattfinden können, wie O. Aschan[4] und C. Engler und O. Routala[5] festgestellt haben.. Olefin-Kohlenwasserstoffe können in gesättigte, ringförmige Naphtenkohlenwasserstoffe übergehen. Diese ihrerseits können unter Dehydrierung Benzolkohlenwasserstoffe bilden. Hexylen geht z. B. unter der Einwirkung von Hitze — auch ohne Katalysatoren — in Hexanaphten über. Dies kann nach dem Vorgang von Sabatier[6] unter der Einwirkung von Eisenoxyd dehydriert werden zu Benzol.

So ist es von Wichtigkeit, daß Katalysatoren, die in der Natur häufig vorkommen, und auf die Bitumina gewirkt haben

[4] Lieb. Anm. 324 (1902) S. 1.

[5] Ber. chem. Ges. 42 (1909), S. 4613 und 4620. Diss. O. Routala, Karlsruhe, 1909.

[6] Engler-Höfer „Das Erdöl", Bd. I, S. 324; Bd. II, S. 65.

können, auch im Laboratorium als starke Polymerisations-, Depolymerisations- nnd Isomerisationskatalysatoren erkannt worden sind, z. B. Quarzsand, Metalloxyde, Metalle, Tonerde, das erwähnte Eisenoxyd usw.

Die genannten Reaktionen spielen für die Bildung der Bitumina eine Rolle. Dabei ist zu beachten, daß sie meistens nebeneinander wirken. Findet das Bitumen in der Natur z. B. Bedingungen, die seine Polymerisation veranlassen, so kann gleichzeitig nebenher Depolymerisation eines Anteiles des Bitumens eintreten. Umgekehrt kann seine Depolymerisation teilweise von Polymerisation begleitet werden. Wenn also im folgenden von Polymerisation oder Depolymerisation des Bitumens die Rede ist, so ist in diese Begriffe ein nebenher möglicher umgekehrt erfolgender Reaktionsverlauf oder Isomerisation stets mit eingeschlossen, ohne daß hierauf noch einmal hingewiesen wird. Ich will nämlich mit diesen Begriffen nur die hauptsächlich sich abspielenden Reaktionen charakterisieren.

Sie sehen aus dieser Auseinandersetzung von vornherein, wie komplizierter Art die Bildung des Bitumens und wie kompliziert seine Zusammensetzung ist.

Zwei Ausgangsmaterialien kommen nach H. Potonié[7] hauptsächlich als Substrat für die Bildung des Bitumens in Betracht:

1. Der Faulschlamm stehender Gewässer, z. B. der Schlick von Binnenseen, Strandlinien und Wattenmeeren, von Potonié genannt Sapropel (d. i. Faulschlamm). — Dieses Produkt ist der hauptsächlichste Bildner von Erdöl.
2. Die Pflanzenwelt der Moore. Sie ist der Bildner der Humusgesteine, der Kohlen.

Wir wollen nun die Bildung des Erdöles aus Faulschlamm gesondert von der Entstehung der Kohle aus Humussubstanzen betrachten.

Im Sapropel finden wir als typische Bestandteile Fett- und Eiweißreste der abgestorbenen Tier- und Pflanzenwelt. In Umwandlung begriffene Zellulose und Pflanzenharze treten darin zurück. — Fett und Eiweiß stammen hauptsächlich nach Potonié's[8] Feststellungen aus der Tierwelt und zwar sowohl von Makro-

[7] H. Potonié „Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt“, Bornträger, 1910, S. 15—18.

[8] Potonié l. c.

fauna, also Fischen, Mollusken usw. als auch von Mikrofauna der Gewässer her. Auch ölführende Algen sind Fettbildner.

Diese Substanzen sind durch überlagerndes Wasser von dem Sauerstoff der Luft abgeschnitten. Sie unterliegen dem sogenannten Fäulnisprozeß. Anaerobe Bakterien bedingen z. T. die hierbei auftretenden Reaktionen, z. B. die Fäulnis des Eiweißes. Aus dem Sapropel entwickelt sich Methan, Kohlensäure, Ammoniak. Die Fette werden während des Versinkens des Faulschlammes in tiefere Erdschichten verseift; das Glyzerin wird durch Lösung in Wasser fortgeführt. Insbesondere werden die Fettsäuren, wahrscheinlich durch Bakterienwirkung, in höhermolekulare Fettsäuren, in Wachssäuren umgewandelt. Es bildet sich im Sapropel das sogenannte Leichenwachs.

Die Mengen Leichenwachs im Schlick sind verhältnismäßig große. In der Mark Brandenburg wurde in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts ein See trocken gelegt, der Ahlbecker See. Der See ist etwa 900 ha groß. Die Schlickschicht ist etwa 7—14 m dick. G. Krämer und A. Spilker[9] untersuchten den Schlick auf seinen Wachsgehalt und berechneten, daß in dem Gesamtschlick etwa 2 000 000 Meterzentner (1 Meterzentner = 100 kg) Leichenwachs vorhanden waren. Dies Wachs war nach Potoniés[10] Untersuchung hauptsächlich der Rest einer abgestorbenen Mikrofauna. Diese scheint also einer der Hauptbildner des Erdöls zu sein.

Bei der weiteren Schilderung der Umwandlung des Sapropels in den Erdschichten wende ich der Übersichtlichkeit halber im folgenden in den Grundzügen die Engler'sche Nomenklatur[11] an.

Engler bezeichnet die Wachsbildung aus dem Fette der Tier- und Pflanzenreste als den Anfang der Bituminierung. Das Wachs nennt er „Anabitumen" von „ἀνὰ" = hinauf.

Das Anabitumen wird nun von geologisch jüngeren Schichten überdeckt. Es wird der Wirkung von Wärme und Katalysatoren, z. B. Sand, Thon, Kalkgestein ausgesetzt. Unter diesen Einflüßen wird aus dem Wachs allmählich Kohlensäure abgespalten. Dies

---

[9] Ber. chem. Ges. 32 (1899), S. 2941.

[10] H. Potonié, Jahrbuch der königl. preuß. geolog. Landesanstalt und Bergakademie 25 (1904), S. 345.

[11] Engler-Höfer „Das Erdöl", Bd. 1, S. 35 ff.

geschieht gemäß dem Vorgange, den Engler[12] in seinen grundlegenden Versuchen experimentell sichergestellt hat. Die Wachssäuren werden in Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Diese letzteren unterliegen dann der Polymerisation und Isomerisation.

Die Polymerisation schreitet häufig vor bis zur Bildung des unlöslichen Endproduktes. Dieses nennt Engler „Polybitumen". Ein Beispiel für letzteres ist das Bitumen des Württembergischen Liasschiefers. Dies Bitumen ist in Lösungsmitteln sozusagen unlöslich. Erst nachdem man den Schiefer eine Zeit lang erhitzt hat, ihn, wie es heißt, „aufgeschlossen" hat, ist das Bitumen löslich geworden. Es wurde dabei in das lösliche mesomorphe Zwischenprodukt umgewandelt.

Nun wird das Polybitumen bei weiterem Versinken in noch größere Erdtiefen weiteren Umwandlungen ausgesetzt. Es wird gespalten, gekrakt. Dabei entsteht nach Engler ein Zwischenprodukt zwischen Polybitumen und Erdöl. Er nennt dasselbe „Katabitumen" von „κατά" = hinab.

Der beinahe schwefelfreie Bergteer von Wels[13] in Tirol ist ein solches Katabitumen. Er hat durchaus Schmierölcharakter. Benzine und leichtsiedende Kohlenwasserstoffe enthält er nicht. Er ist also noch nicht zur Bildung leichtsiedender Kohlenwasserstoffe entpolymerisiert. Als solches Katabitumen wird auch der Asphalt eines Asphaltvorkommens in der Schweiz, im Val de Travers[14], aufgefaßt. Hier liegt ein Produkt nicht von Schmieröl-, sondern von Asphalteigenschaften vor, weil das Bitumen sehr schwefelhaltig geworden ist und daher harzige Konsistenz erhalten hat.

Durch weitergehende Spaltung entsteht nun aus dem Katabitumen das Erdöl. Dieses kann je nach der Zusammensetzuug des ursprünglichen Sapropels, nach Art der Einwirkung von Wärme, Katalysatoren usw. durchaus verschiedene Zusammensetzung haben. Insbesondere wird der Schwefel und die Anwesenheit von Schwefelverbindungen im Erdöl bei den chemischen Umwandlungen wichtigen Einfluß gehabt haben.

---

[12] Ber. chem. Ges. 21 (1888), S. 1816. Jahrbuch der königl. preuß. geolog. Landesanstalt und Bergakademie 25 (1904), S. 347.

[13] Engler-Höfer, Bd. I, S. 31 und 807: Diss. J. Tausz, Karlsruhe 1911.

[14] Ebenda, Bd. II, S. 158.

Ich möchte nebenher erwähnen, daß der Schwefel im Erdöl aus verschiedenen Quellen stammen kann: Schon das Leichenwachs im Sapropel ist stets schwefelhaltig. Der Schwefel ist hier in gebundener Form vorhanden. Er stammt ohne Zweifel von abgestorbenen Resten von Schwefelbakterien.[15] Insbesondere wird aber wohl Berührung mit den in der Natur weitverbreiteten Sulfaten[16], welche von den Kohlenwasserstoffen reduziert werden, und mit Pyriten[17] Ursache der S-Aufnahme im Erdöl sein.

So sind die Erdöle verschieden zusammengesetzt. Die dem Devon entstammenden Erdöle von Pennsylvanien enthalten meist Paraffin-, die dem Mesozoikum und Tertiär entstammenden kaukasischen meist Naphtenkohlenwasserstoffe. In den galizischen, rumänischen, den Erdölen von Borneo, Kalifornien befinden sich reichliche Mengen aromatischer Kohlenwasserstoffe, außerdem in mäßiger Menge Phenole, Produkte, die dem Erdöle einen steinkohlenteerähnlichen Habitus geben.

Diese Ähnlichkeit ist mehrfach zur Stützung der Hypothese herangezogen worden, daß das Erdöl ganz allgemein oder wenigstens in vielen Fällen aus der Steinkohle[18] entstanden sei.

Bevor ich hierauf näher eingehe, möchte ich noch die Weiterentwicklung des Erdölbitumens verfolgen.

Infolge des Auftretens von Gasen steht das Erdöl sehr häufig im Erdinnern unter Druck. Es wird oft bis zur Erdoberfläche hinaufgetrieben und kommt nun in höheren Schichten mit Luft in Berührung. Der Sauerstoff löst Autoxydations- und Polymerisationsprozesse aus, insbesondere in stark schwefelhaltigen Erdölen. Dabei entsteht Asphalt. So kommt es, daß Oberflächenlagerstätten von Erdöl meist von Asphaltlagern überdeckt sind.

Diesen Asphalt, das Endprodukt der Entwicklung des Bitumens, nennt Engler „Oxybitumen".

---

[15] G. Krämer u. A. Spilker, Ber. chem. Ges. 32 (1899), S. 2940; 35 (1902), S. 1212; Engler-Höfer, „Das Erdöl", Bd. I, S. 34 und 677.

[16] Engler-Höfer, „Das Erdöl", Bd. I, S. 677; Bd. II, S. 30.

[17] Engler-Höfer, „Das Erdöl", Bd. I, S. 530; W. Steinkopf, Chem. Ztg. 1911, S. 1098.

[18] Vergl. z. B. A. Pictet, Ann. de Chim. [9] 10 (1918), S. 249–330 (Chem. Centr. 1919, III, S. 220–221).

Ich kehre zurück zu dem Zusammenhange zwischen Erdöl- und Steinkohlebitumen und möchte Ihnen nun insbesondere an Hand der neueren Arbeiten zeigen, was Steinkohlebitumen ist. Wir wollen den Entwickelungsgang desselben verfolgen, wie den des Erdölbitumens und dann den Vergleich ziehen.

Als Substrat für die Bildung der Steinkohle kommt höchstens in untergeordnetem Maße Sapropel, in der Hauptsache vielmehr die Humussubstanz, also Pflanzensubstanz in Betracht.

So haben wir uns mit der Bildung der Torfmoore und mit ihren Anhäufungen von Pflanzensubstanz zu beschäftigen.

Der Hauptbestandteil für die Bildung des Humus in den Mooren ist das Holz. Es[19] besteht im Durchschnitt aus etwa:

Tabelle 2.

50—60 %	Zellulose,
10—20 %	Hemizellulosen, darunter Dextrin-Arten und Stärke.
20—30 %	Lignin,
3— 5 %	Harz und Fett,
etwa 1 %	Proteine.

Da Rinde mit zur Vertorfung kommt, so sind noch die Korksubstanzen hinzuzurechnen.

Was Zellulose ist, ist Ihnen bekannt. Es ist ein hochmolekulares Kondensationsprodukt von Zuckerarten. Die Hemizellulosen sind ähnlicher Natur, aber niedriger molekular. Teilweise sind sie wasserlösliche Substanzen, welche auf der Holzfaser eine leimende, kittende Wirkung ausüben. Teilweise bestehen sie aus Reservestoffen, aus Stärke. Das Lignin ist ein hochmolekulares Kondensationsprodukt von Harzalkoholen. Es ist mit der Zellulose vergesellschaftet. Es steht entweder in ätherartiger Bindung mit ihr, oder bildet mit ihr eine Adsorptionsverbindung. Es dient der Festigung der Holzfaser. Es enthält Methoxylgruppen, im Gegensatze zur Zellulose, die keine solchen enthält. Diese Eigenschaft des Lignins ist für seine Erkennung von Wichtigkeit. Die Korksubstanz der Rinde besteht aus einem hochmolekularen Polymerisationsprodukt von Fettsäure-Anhydri-

[19] C. Schwalbe, „Die Chemie der Zellulose", Berlin, Borntraeger, 1911, S. 441.

den.[20] Sie ist ein wachsartiger Körper, der mit Zellulose ähnlich vergesellschaftet ist, wie das Lignin.

Diese Substanzen, einschließlich dem Fette und dem Harze des Holzes, machen in den Torfmooren zunächst einen „Vermoderungsprozeß" durch. Unter Vermoderung versteht man eine Zersetzung bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit. Dieser Prozeß wird später, wenn die abgestorbenen Pflanzenreste überwuchert werden, von dem Prozesse der Vertorfung — bei Zutritt von wenig Luft —, abgelöst. In größeren Tiefen der Torfsubstanz wirkt endlich dieser Prozeß bei Gegenwart von sehr wenig oder ohne Sauerstoff.

Diese Vorgänge sind in den oberen Schichten durch die Wirkung des Sauerstoffes charakterisiert. Aus den Kohlehydraten wird Wasser wegoxydiert. Sie werden kohlenstoffreicher und wasserstoffärmer. Mit zunehmender Tiefe verlangsamt sich diese Zersetzung. Aus Tabelle Nr. 3 ersehen Sie die Kohlenstoffzunahme und die Wasserstoffabnahme der Holzfaser, zunächst während des Vertorfungsprozesses und später, während der Fortsetzung desselben, während des sogen. Inkohlungsprozesses, der über Braunkohle und Steinkohle bis zur Bildung von Anthrazit, dem Endprodukte der Inkohlung, fortschreitet.

Tabelle 3.

	Kohlenstoff	Wassersoff	Sauerstoff + Stickstoff
Holzfaser . . .	50 %	6 %	44 %
Torf	59 %	6 %	35 %
Braunkohle . . .	69 %	5,5 %	25,5 %
Steinkohle . . .	81 %	5 %	14 %
Anthrazit . . .	95 %	2,5 %	2,5 %

Diese Vorgänge sind im Laboratorium nachgeahmt worden. Als erster ist hier vorgegangen Cagniard de la Tour.[21] Später haben in dieser Richtung gearbeitet Stein[22], Klason[23] und

[20] Ebenda, S. 482.

[21] Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie 3 (1850), S. 540.

[22] Chem. Centr. 1901, II, S. 950.

[23] Zeitschr. f. angew. Chemie 22 (1909), S. 1205; 23 (1910), S. 1252.

Bergius[24]. Es gelang durch Erhitzen von Holz mit Wasser unter Druck auf Temperaturen von 300—350° zunächst Torfsubstanz, dann Braunkohle, hierauf Steinkohle, endlich Anthrazitkohle darzustellen. Die erhaltenen Substanzen stimmten in der Elementarzusammensetzung mit den entsprechenden natürlichen Kohlen in den Hauptzügen überein. Natürlich besteht keine vollkommene Identität zwischen den natürlichen und künstlichen Kohlen, denn die Zusammensetzung der Pflanzen des Tertiärs und des Carbons ist eine ganz andere gewesen, als die unserer heutigen. Außerdem kommen in der Natur außer Holz noch eine Reihe anderer Substanzen, insbesondere derjenigen der Rinde, Blätter und Früchte und außerdem noch geringe Mengen von Sapropel mit zur Inkohlung. Infolgedessen unterscheiden sich die natürlichen Kohlen von den künstlichen z. B. durch ihren höheren Stickstoffgehalt. Natürlich bewirkt die Berührung mit aus mineralischen Quellen stammendem Schwefel den Schwefelgehalt der natürlichen Kohlen im Gegensatze zur Abwesenheit desselben in den künstlichen.

Dieser Anschauung steht die Ansicht von E. Donath[25] entgegen, die wohl die Bildungsreihe Holz — Torf — Braunkohle als bestehend anerkennt, nicht aber den Übergang von Braunkohle zu Steinkohle und Anthrazit. Donath begründet dieselbe mit dem Hinweise auf das Vorhandensein von Methoxylgruppen, also von Ligninsubstanz in Holz, Torf und Braunkohle, und im Gegensatz dazu auf ihr Fehlen in der Steinkohle. Diese Ansicht ist aber nicht stichhaltig. Denn der Methoxylgehalt nimmt von Holz über Torf zur Braunkohle ab[26]. Es ist daher zu erwarten, daß er mit noch weiterschreitender Inkohlung ganz verschwindet; und dieser Zustand ist eben in Steinkohle und Anthrazit erreicht. Ferner folgert Donath[27] aus dem homogenen muscheligen Bruch und Glasglanz der Steinkohle, daß diese im Erdinnern unter dem Gebirgsdrucke einen Zustand der Erhitzung unter Weichwerden durchgemacht habe, und er behauptet, nur da, wo Holz diese Druckerhitzung erfahren habe, könne Steinkohle entstanden sein.

---

[24] F. Bergius, „Die Anwendung hoher Drucke bei chem. Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle", Halle (Knapp) 1913.

[25] Zeitschr. angew. Chemie 1906, S. 657/68.

[26] Vgl. Benedikt und Bamberger, Monatsh. f. Chem. 11 (1890), S. 264; ferner Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle, l. c., Bd. II, S. 152; Bd. III, S. 331.

Österr. Z. f. B. u. H. 50 (1902), S. 15/17, 29/43, 46/49.

Dieser Ansicht läßt sich entgegenhalten, daß natürlich auch Braunkohle derartige Umwandlungsbedingungen gefunden hat und dabei in Steinkohle übergegangen ist. Dieser Vorgang wurde, wie schon erwähnt, im Laboratorium durch die Versuche von Stein, Klason, Bergius u. a. nachgeahmt. —

Bei der Vermoderung in der Natur bilden sich aus der Zellulose vorwiegend Humussäuren, braune Substanzen, welche sich in Wasser kolloid lösen und die braune Farbe der Moorwässer veranlassen. Leichter als in Wasser lösen sich diese Substanzen in verdünnter Natronlauge und können aus der Lösung mit Mineralsäuren ausgefällt werden. Diese Eigenschaft hat veranlaßt, daß man die Substanzen „Säuren" genannt hat. Wahrscheinlich handelt es sich jedoch bei dieser Lösung und Fällung nur um Dispersion und Ausflockung von Kolloiden.

Außer diesen löslichen Kolloiden entstehen aus der Zellulose auch noch unlösliche Substanzen. Diese sind gemischt mit Ligninsubstanz, Korksubstanz, Fettsubstanz und Harz. Das unlösliche Produkt heißt Humin-Substanz.

Darin sind auch tierische Reste enthalten, Fett- und Eiweißreste, die aber eine untergeordnete Rolle bei der Vertorfung spielen.

Die Fettsubstanzen machen denselben Prozeß durch, wie auch im Sapropel. Sie werden zu Wachs bituminiert. Die Harze polymerisieren sich; sie verlieren ihren sauren Charakter. Sie werden außerdem hydriert. So tritt im Torf der gesättigte Kohlenwasserstoff Fichtelit[28] auf, der aus dem Harzkohlenwasserstoff Oktohydroreten entstanden ist. Auf diese Weise üben die Harze bei dem Vertorfungsvorgange eine allmähliche dehydrierende Wirkung aus.

Der Torf ist nach dem vorigen sehr kompliziert zusammengesetzt. Er besteht, um es nochmals zu wiederholen, aus Humussäuren und aus Huminsubstanz, in der ausser Cellulouseresten, Lignin-, Harz-, Wachs- und Eiweißreste enthalten sind.

Die Harz-, Wachs- und Eiweißreste stellen nichts anderes vor, wie Bitumen, und zwar nach Engler's Nomenklatur: Anabitumen. In demselben befinden sich allerdings im Gegensatze zum Anabitumen des Sapropels von vornherein sehr hochpolymere Körper, nämlich das Lignin und das Korkwachs.

[28] Vgl. A. Tschirch „Die Harze und die Harzbehälter", Leipzig, Borntraeger, 1906, S. 686, 703.

Man kann das Bitumen dem Torf durch Extraktion entziehen. Die Ausbeute beträgt etwa 4—5 % davon.

D. Holde[29] hat nun die Ausbeute dadurch erhöht, daß er die Extraktion bei erhöhter Temperatur unter Druck unternahm. Er hat in seiner Untersuchung zum erstenmale das Prinzip der Druckextraktion des Bitumens angewandt. Dieser interessante Vorgang ist wohl so zu deuten, daß ein Abbau höherpolymerer Substanz — vielleicht von unlöslichem Harz und Korkwachs — zum löslichen Zwischenprodukt stattfindet.

Wir verlassen nunmehr den Vertorfungsprozeß und wenden uns der Inkohlung zu!

Die Inkohlung beginnt, sobald der Torf in tiefere Erdschichten gelangt und von anderen geologischen Schichten überlagert wird. Er verwandelt sich dabei zunächst in Braunkohle.

Wird Braunkohle untersucht, so bekommt man von den Bestandteilen ein ähnliches Bild, wie auch von denen des Torfes.

Denn die Braunkohlen enthalten wechselnde Mengen an Humussäuren, oder wie sie auch genannt werden „Huminsäuren“.

Die Ligninsubstanz ist darin durch Prüfung auf Methoxylgruppen nachweisbar.

Durch Extraktion wird der Braunkohle Wachs, sogen. Montanwachs, und Harz, sogen. Montanharz, entzogen. Das Montanwachs enthält die Montansäure, eine Wachssäure mit einer Kette von 28 Kohlenstoff-Atomen im Molekül. Diese Säure ist teilweise mit Wachsalkoholen verestert, teilweise frei vorhanden.

Wird die mit Benzol unter Kochen extrahierte Braunkohle nach dem Vorgange von Holde bei höherer Temperatur, also unter Druck extrahiert, — eine Arbeit, die F. Fischer[30] ausgeführt hat —, so wird eine bedeutend erhöhte Ausbeute an Wachs-Harz-Gemisch erhalten. Sie ist je nach der Herkunft der Braunkohle verschieden. Bei rheinischer Braunkohle werden etwa 5—7 % Extrakte erhalten. Sächsische Braunkohle liefert bei der Kochextraktion etwa 12 %, bei der nachfolgenden Druckextraktion nochmals 12—13 % an Bitumen. Die rheinische Braunkohle würde also in ihrer Zusammensetzung etwa dem Torfe der heutigen Torfmoore entsprechen. Die Braunkohlenwälder der säch-

[29] Mitt. K. Materialprüf.-Amt Groß-Lichterfelde West 27 (1909), S. 23—24.
[30] Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. I, S. 54.

sischen Braunkohle müssen im Gegensatz dazu mit Pflanzen von sehr hohem Wachs- und Harzgehalt bestanden gewesen sein.

Das Bitumen der Braunkohle ist nach der Engler'schen Nomenklatur noch als Anabitumen aufzufassen, denn bei der Koch- und Druckextraktion werden keine prinzipiell verschiedenen Resultate gegenüber der Torfextraktion erhalten.

Bei der in der Technik in großem Maßstabe ausgeführten Schwelung, d. i. Verkokung der Braunkohle wird dies Anabitumen mit der darin enthaltenen unlöslichen Lignin- und Korkwachssubstanz unter Spaltung und Kraken zersetzt und liefert den bekannten Braunkohlenteer.

Geschieht die Schwelung bei etwa 800°, so resultiert ein Teer, der mehr Erdöleigenschaften hat als Steinkohlen-Koksteer. Es sind Paraffine, Olefine, hydroaromatische und wenig aromatische Kohlenwasserstoffe darin enthalten, ferner Phenole und Pyridinbasen.

Wird die Braunkohle im Gegensatze zum Vorigen, wie E. Börnstein[31] zuerst ausführte, bei etwa 450°, also bei tiefer Temperatur geschwelt, so erhält man einen sogen. Tieftemperaturteer mit bedeutend höherem Wasserstoffgehalt. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe verschwinden. Mehr Paraffin- und gesättigte Naphtenkohlenwasserstoffe treten auf. Es sind aber noch beträchtliche Mengen an hydroaromatischen und harzigen Kohlenwasserstoffen, außerdem ein hoher Prozentsatz an Phenolen vorhanden. Der Phenolgehalt ist bedeutend höher als im Schwelteer.

Hierüber haben F. Fischer[32] und Mitarbeiter, insbesondere W. Gluud und W. Schneider, umfangreiche Arbeiten durchgeführt und mehrfach veröffentlicht.

Es erhob sich nun die Frage, welchen Bestandteilen der Braunkohle wichtige Teeranteile, wie Paraffin und Phenole entstammen. Hierüber gibt eine Arbeit von W. Schneider[33] Aufschluß, die im Kohlenforschungsinstitut in Mülheim a. d. Ruhr ausgeführt worden ist, deren Bedeutung für die Umwandlung des Bitumens in der Natur und für die Teerbildung bisher aber nicht genügend hervorgehoben wurde, die ich daher ausführlicher besprechen will.

[31] Journal f. Gasbeleuchtung 49 (1906), S. 627, 648, 667.

[32] l. c.

[33] Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. III, S. 325.

Zunächst trennte Schneider die Braunkohle durch Koch- und Druckextraktion folgendermassen:

Tabelle 4.

Benzolkochextrakt		15,0%
(bestehend aus: 2% Montanharz und 13% Montanwachs)		
Benzoldruckextrakt (Wachs + Harz)		8,0%
Huminsäuren	etwa	53,0%
Unlöslicher Rückstand	organischer Natur (polym. Lignin u. Korkwachs usw.) etwa	10,0%
Unlöslicher Rückstand	Asche rund	13,0%
Verlust	etwa	1,0%
		100,0%

Als Benzolkochextrakt erhielt er 15% der Braunkohle. Diesen trennte er in Montanwachs (13%) und in Montanharz (2%).

Als Benzoldruckextrakt erhielt er weitere 8% der Kohle an einem Wachs-Harz-Gemisch, das er nicht trennte.

Den Kohlerückstand kochte er erschöpfend mit verdünnter Natronlauge und erhielt etwa 53,0% Huminsäuren.

Der nun verbleibende Rückstand enthielt 10% organische Substanz, die m. E. in der Hauptsache aus hochpolymerer Ligninsubstanz besteht und polymeres Korkwachs, Harz, Protein usw. enthalten kann, und 8,4% Asche. (% berechnet auf Kohle).

Diese Extrakte hat Schneider u. a. auf Methoxylgehalt und N-Gehalt geprüft. Ferner hat er die Substanzen in der Glasretorte geschwelt. Die erhaltenen Resultate sind in Tabelle 5 zusammengestellt. (S. Tabelle 5.)

Vergleichen wir in Tabelle 5, 1. Vertikalreihe, die Methylzahlen, so sehen wir, daß das noch montanwachshaltige Montanharz und das noch montanharzhaltige Montanwachs des Benzol-Kochextraktes an sich die höchsten Methylzahlen liefern. Das Gemisch Montanwachs + -Harz des Benzol-Druckextraktes gibt eine etwas niedrigere Methylzahl, dagegen die unlösl. organische Substanz wieder eine höhere und die Huminsäuren ihrerseits eine verschwindend geringe Methylzahl.

Tabelle 5.

	Methylzahlen ber. auf die angewandte Sbst.	Methylzahlen ber. „entsprechend der Menge, mit der die Substanzen an der Zusammensetzung der Kohle beteiligt sind.“	Stickstoffgehalt ber. auf die angewandte Sbst.	Teerausbeute
Montanharz	3,4	0,068	Spuren	hoch
Montanwachs	2,0	0,26		
Druckextrakt	1,2	0,096		
Huminsäuren	0,1	1,4	etwa 0,7 %	fast kein Teer
Unlösl. organ. Substanz (polym. Lignin + Korkwachs usw.) . .	1,7		0,47 %	hoch
Ursprüngl. Kohle . . .	1,98		0,6 %	23 %

Es fragt sich nun zunächst, welcher Quelle die die Methylzahl liefernden Methoxylgruppen in den einzelnen Substanzen entstammen. Daß die natürlichen Harze[34], wie man sie auch in den Koniferenwäldern des Tertiärs als vorhanden gewesen annehmen kann, oft Methoxylgruppen enthalten, ist bekannt. Man kann daher ihr Vorhandensein in den Substanzen der Extrakte auf diese Quelle zurückführen. Der Methoxylgehalt der unlöslichen organischen Substanz wird ohne Zweifel durch Gegenwart von Ligninrest verursacht, welcher als von vornherein im Bitumen eingeschlossenes hochpolymeres, unlösliches Polymerisationsprodukt in der Braunkohle noch vorhanden ist. Natürlich kann letzteres auch zum polymeren Endprodukte umgewandeltes Harz neben Korkwachsresten usw. enthalten. Die kleine Methylzahl der Huminsäuren deutet wohl auf von dieser adsorbierte Ligninsubstanz hin.

Die Prozentzahlen für Methoxylgehalt in der 2. Vertikalreihe der Tabelle 5 geben den Prozentsatz wieder, mit dem die einzelnen Substanzen, die die Braunkohle zusammensetzen, an dem Gesamt-

[34] Tschirch, l. c. Bd. I, S. 54 55.

methoxylgehalt der Kohle beteiligt sind. Wir sehen hier, daß die Extrakte (das Harz) nur einen verhältnismäßig geringen, dagegen die unlösliche organische Substanz weitaus den größten Anteil an dem Gesamtmethoxylgehalt besitzen. Dieser Befund ist von besonderem Interesse, denn er gestattet die Annahme, daß dieselbe unlösliche Ligninsubstanz, die dem Holze den Methoxylgehalt gibt, in der Braunkohle, wenn auch in umgewandelter Form, ebenfalls noch vorhanden ist.

Der Stickstoffgehalt (3. Vertikalreihe) der Braunkohle, ein Abbauprodukt von hochpolymerem Eiweißrest, ist natürlich in der unlöslichen organischen Substanz enthalten. Teilweise wird die Stickstoff-Substanz von den Huminsäuren adsorbiert worden sein. Sonst wären diese nicht stickstoffhaltig.

Die Teerausbeute (4. Vertikalreihe) aus Wachs, Harz und der unlöslichen Substanz ist hoch, und zwar 60—70 % derselben. Die Huminsäuren liefern fast keinen Teer. So sehen wir, daß die Muttersubstanz des Teeres in der Kohle das Bitumen ist.

Es war nun von Interesse, die Zusammensetzung der aus den einzelnen Bitumenbestandteilen geschwelten Teere zu untersuchen.

Tabelle 6 gibt hierüber Aufschluß:

Tabelle 6.

Teer des (der)	% berechnet auf Teer	
	Paraffin	Phenole
Montanharzes enthält	0,5 %	11 %
Montanwachses „	38 %	3 %
Druckextraktes „	29 %	5 %
Huminsäuren „	—	—
Unlöslichen organ. Substanz „	5,6 %	6 %

Das Paraffin entstammt der Wachssubstanz. Das Montanharz lieferte ein wenig Paraffin, weil es noch etwas wachshaltig ist. Die unlösliche organische Substanz kann Paraffin aus der Korksubstanz oder aus schon entstandenem Wachs-Polybitumen liefern.

Die Phenole entstammen dem Montanharz in den Extrakten und der Ligninsubstanz in dem Unlöslichen. Das Montanwachs konnte Phenole geben, da es harzhaltig war. So ist die Feststellung von Wichtigkeit, daß die Phenole bei der Teerbildung hauptsächlich aus harzartigen Körpern entstehen.

Die Huminsäuren sind zur Bildung von Paraffin und Phenolen nicht befähigt.

Wir wollen damit unsere Betrachtung über die Zusammensetzung der Braunkohle abschließen und uns der Steinkohle zuwenden.

Die Steinkohle unterscheidet sich von der Braunkohle in verschiedener Hinsicht:

Huminsäuren können mit verdünnter Natronlauge selbst bei 200° unter Druck nur mit verschwindender Ausbeute gewonnen werden, wie F. Fischer[35] neuerdings festgestellt hat. Die Ligninsubstanz ist in der Steinkohle durch Methoxylbestimmung oder durch andere Methoden nicht mehr nachweisbar.

Harz- und Wachsrest sind zum Polybitumen geworden. Sie sind als unlösliches Endprodukt vorhanden. Zum Teil hat sich das Polybitumen in Katabitumen umgewandelt. Denn mit Lösungsmitteln lassen sich bis zu 1 % (berechnet auf Kohle) an Kohlenwasserstoffen extrahieren. Das beste Lösungsmittel ist, wie F. Fischer gefunden hat, flüssige SO_2, die etwa 1 % eines balsamartigen rötlichen Öles auszieht. Bei diesem Prozesse verliert die Kohle ihre Festigkeit und zerfällt zu Pulver. Die Extrakte sind vorwiegend ungesättigter Natur. Sie enthalten hydroaromatische und Naphtenkohlenwasserstoffe. Pictet[36] fand in einem Benzolkochextrakt Hexahydrofluoren, Hexahydrodurol, Hexahydromesitylen und außerdem Melen, einen festen, weißen, gesättigten, äußerlich paraffinartigen Naphtenkohlenwasserstoff, der schon im Jahre 1849 von Brodie[37] bei der trockenen Destillation von Bienenwachs im Destillat erhalten wurde, also bei der Vakuumverkokung der Steinkohle wahrscheinlich aus Wachsrest entstanden ist.

---

[35] Ges. Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. III, S. 243.

[36] Ber. Chem. Ges. 44 (1911), S. 2494; Ber. chem. Ges. 48 (1915), S. 928 u. 933.

[37] B. C. Brodie, Lieb. Ann. 71 (1849), S. 159.

Die Benzol**druck**extraktion der Steinkohle hat zuerst Rau[38] in Anwendung gebracht. Er extrahierte bei 200° und 14 Atmosphären und erhielt 1 bis 1½% Extrakt.

F. Fischer[39] extrahierte dann bei 250—270° und 50 Atmosphären Druck. Er erzielte 6,5% Druckextrakt. Von diesem waren nur 1% (berechnet auf Kohle) in Ligroin löslich. Der Hauptanteil des Druckextraktes, 5,5% der Kohle, ist ein Harz.

Diese Untersuchungen deuten darauf hin, daß das Steinkohlebitumen vorwiegend aus Harzrest besteht, wie dies auch von Picett[40] angenommen wird.

Dies wird durch die Resultate der Koksteer- und der Tieftemperaturverkokung bestätigt:

Der Koksteer enthält kein Paraffin, höchstens Spuren davon, vorwiegend aromatische, und, wie ich festgestellt habe, in sehr beträchtlicher Menge (etwa 12—13% des Teers) hochmolekulare, rote harzige Kohlenwasserstoffe, außerdem etwa 5—10% Phenole und in geringerer Menge Pyridinbasen.

Die Tieftemperaturverkokung liefert quantitativ ein anderes Resultat. Sie wurde zuerst von Börnstein[41] in wissenschaftlicher Form durchgeführt. Die Methode wurde von R. V. Wheeler[42] und von Pictet[43] weiter ausgebildet. Der letztere destillierte Kohle bei 450° und 30 mm Druck und erhielt „Vakuumteer". F. Fischer[44] destillierte bei ähnlicher Temperatur in einem Trommelofen mit einem leichten Unterdrucke.

Das Ergebnis ist folgendes: Die Paraffin-Ausbeute wächst. Sie beträgt etwa 1% des Teeres. Insbesondere steigt die Phenolausbeute außerordentlich an, und zwar auf 30—50% des Teeres Die aromatischen Kohlenwasserstoffe verschwinden und werden

---

[38] Stahl und Eisen, 1910, S. 1236.

[39] l. c.

[40] Ann. de Chemie (9) 10 (1918), S. 249—330.

[41] l. c.

[42] „Die flüchtigen Bestandteile der Kohle", I, Journ. Chem. Soc. London 97 (1910), S. 1917/35; dto ebenda 99 (1911), S. 649/67; ferner „Die Zusammensetzung der Kohle", Journ. Soc. Chem. Ind. 36 (1917), Suppl. S. 5.

[43] Ber. chem. Ges. 46 (1913), S. 3343.

[44] l. c. Bd. II, S. 83

durch hydroaromatische, zum geringen Teil durch Naphtenkohlenwasserstoffe ersetzt.

Die Bildung der nicht großen Menge Paraffin bei der Tieftemperaturverkokung beweist den verhältnismäßig geringen Gehalt der Steinkohle an Wachsrest. (Der letztere wird bei der hohen Temperatur des Koksofens zerstört).

Die übrigen Bestandteile des Tieftemperaturteeres stammen hauptsächlich aus Harzresten. Dies ist insbesondere für die Phenole, auch für die hochmolekularen, wahrscheinlich. Denn ich habe gemeinsam mit W. Forschner[45] und A. Eisenhut[46] nachgewiesen, daß die höhermolekularen Phenole des Tieftemperaturteeres hydroaromatische einwertige Phenole sind. Wir konnten nachweisen, daß sich dieselben durch Erhitzung auf höhere Temperatur teilweise weiter dehydrieren und depolymerisieren, und daß sie dabei in geringer Menge in aromatische bekannte Phenole übergehen. Es gelang so, für den Übergang von Harzalkoholen zu den aromatischen Phenolen während der Verkokung einen Beweis zu bringen. Dies Resultat steht in Zusammenhang mit dem Befunde von Pictet[47], der feststellte, daß Vakuumteer, direkt nach der Darstellung nur wenig Phenole und statt deren hydroaromatische Alkohole enthält, welche allmählich in hydroaromatische Phenole übergehen, und zwar durch spontane Aufspaltung des Alkoholmoleküls. Pictet hat die niedrigermolekularen Anteile dieser Alkohole und Phenole näher untersucht. Sie stimmen in Elementarzusammensetzung und Eigenschaften mit den von uns untersuchten hochmolekularen Phenolen des Tieftemperaturteeres so weit überein, daß in beiden Fällen sehr nahe verwandte Körper vorzuliegen scheinen.

Im weiteren Verlaufe unserer Arbeiten wurde noch festgestellt, daß dieselben hydroaromatischen Phenole in verhältnismäßig geringer Menge auch im Koksteer vorhanden sind, und fernerhin, daß derartige Phenole (auch solche anderer Teere, wie Braunkohlenteer) bei starker Erhitzung unter Ätherifizierung und Polymerisation in äußerlich asphaltähnliche Kolloide übergehen,

[45] Vergl. Dissertation W. Forschner Karlsruhe i. B., 1919.

[46] Vergl. Dissertation A. Eisenhut Karlsruhe i. B. 1918.

[47] Compt. rend. 165 (1917) S. 113/116 (Chem. Centr. 1917, II., S. 787).

von denen ein Anteil sehr große Ähnlichkeit mit dem im Koksteer kolloid gelöst vorhandenen und durch Zugabe von Lösungsmitteln ausfällbaren sogenannten „freien Kohlenstoff" besitzt. Da der Tieftemperaturteer diese letztere Substanz nur in sehr geringer Menge enthält, so steht hoher Phenol- und geringer Kolloidgehalt im Tieftemperaturteer geringem Phenol- und hohem Kolloidgehalt im Koksteer gegenüber. Aus der Art der Entstehung derartiger Kolloide zog ich den Schluß, daß bei der niedrigeren Temperatur des Tieftemperaturofens die Phenole erhalten geblieben sind, daß sie dagegen bei der hohen Temperatur des Koksofens unter Bildung von Kolloiden und noch weitergehender Dehydrierung umgewandelt, resp. z. T. zerstört worden sind. Diese Reaktionen erklären auch das Vorhandensein des höheren Phenolgehaltes im Braunkohlentieftemperaturteer gegenüber dem niedrigeren im Braunkohlenschwelteer.

Ähnlich wie die Bildung der Phenole ist auch die der hydroaromatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe auf die Zersetzung von Harzresten zurückzuführen. Denn auch die trockene Destillation rezenter Harze[18] liefert derartige Kohlenwasserstoffgemische. So ist z. B. das aus dem Koksteer isolierte Reten[19] auch ein Produkt der trockenen Destillation des Colophoniums usw.

Nach diesen Gegenüberstellungen wollen wir nun die Eigenschaften des Steinkohlen- und des Braunkohlentieftemperaturteeres mit einander vergleichen!

Die Übersicht ist in Tabelle 7 gegeben.

Tabelle 7.

	% berechnet auf Teer			
	Paraffin	Phenole	Naphtene	hydroaromat. Kohlenw.
Braunkohlen-Tieftemperaturteer	10–30%	5–10%	wenig	wenig
Steinkohlen-Tieftemperaturteer	1%	30–50%	wenig	sehr viel

[18] A. Tschirch l. c. S. 254/255, S. 267, S. 696 und S. 572/573.

[19] G. Lunge und H. Köhler „Die Industrie des Steinkohlenteers und Ammoniaks", V. Aufl., 1912, Bd. I, S. 269; ferner A. Tschirch l. c. S. 697.

Man sieht, der Braunkohlenteer enthält bedeutend mehr gesättigte Kohlenwasserstoffe und weniger Phenole. Er ist daher technisch der wertvollere.

Benzin, Leuchtöl und Schmierölfraktion des Braunkohlenteers stehen dem Mineralöl bedeutend näher als die Fraktionen des Steinkohlenteers. Die höchstsiedenden Fraktionen des Braunkohlenteers sind als Naßdampfzylinderöle brauchbar. Ob die entsprechenden Steinkohlenteerfraktionen dazu verwendbar sind, muß noch durch Dauerversuche erwiesen werden.

Für die Zusammensetzung des Steinkohlebitumens zeigt auch dieser Vergleich, daß es hauptsächlich Harz- und nur wenig Wachsrest enthält, im Gegensatz zum Braunkohlebitumen, in dem sich bedeutend mehr Wachsrest befindet. Die Pflanzen der Carbonzeit müssen also außerordentlich harzreich gewesen sein.

Ich möchte nun zum Anthrazit übergehen.

Der Anthrazit stellt das Endprodukt des Inkohlungsprozesses vor. Er enthält kein verschwelbares Bitumen mehr. Man nimmt an, daß dasselbe bei dem Inkohlungsprozesse mit inkohlt und unter Kohlebildung und Grubengasentwicklung vergast worden ist. Derartige Kohle heißt entgaste Kohle.

Mit diesen Ausführungen habe ich Ihnen den Werdegang des Inkohlungsprozesses und die Veränderungen, die das Bitumen in diesem Prozesse erleidet, beschrieben.

Wenn wir nun den Zustand dieses Bitumens mit dem des Erdöles vergleichen, so finden wir, daß ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Denn Braunkohlebitumen ist Anabitumen, Steinkohlebitumen Polybitumen, das Erdöl dagegen umgewandeltes Katabitumen. An dieser Verschiedenheit ändert die Tatsache nichts, daß Mabery[50] aus kanadischem Erdöl und Pictet[51] aus dem Vakuumteer der Kohle je drei höchst wahrscheinlich identische Naphtenkohlenwasserstoffe isoliert haben. Denn bei der Depolymerisation der Wachs- und Harzreste in der Natur und im Laboratorium können natürlich dieselben Körper entstehen.

---

[50] C. F. Mabery, Amer. Chem. J. 19 (1897), S. 419/82 (Chem. Centr. 1897, II, S. 258/59; ebenda 33 (1905) S. 251/92 (Chem. Centr. 1905, I. S. 1348/50).

[51] Ber. chem. Ges. 46 (1913), S. 3342/53; ebenda 48 (1915), S. 929.

Gleichwohl wäre es möglich, daß Steinkohlebitumen sich gespalten hätte und in Erdöl übergegangen wäre. Es soll zugestanden werden, daß dies in Ausnahmefällen[52] vorgekommen sein kann. Wenn aber allgemein Erdöl aus Kohle entstanden wäre, dann müßten Anthrazit- und Erdöllager regelmäßig miteinauder vergesellschaftet sein. In der Regel müßte immer eines in der Nähe des anderen vorkommen. Davon aber ist keine Rede.

Nun könnte man annehmen, daß das Erdöl außerordentlich große Strecken durchwandert und sich von den Kohleflözen weit entfernt hätte. Dem widersprechen jedoch die geologischen Tatsachen auf das Entschiedenste.

Die Idee, daß Erdöl auch aus der Humussubstanz der Kohle entstanden sei, und daß deswegen überhaupt kein Anthrazitrückstand geblieben wäre, ist gänzlich unhaltbar und heute verlassen. Prinzipiell ist freilich der Übergang der Humussubstanz in Erdölkohlenwasserstoffe möglich. Schon M. Berthelot[53] hat durch Hydrierung mit Jodwasserstoffsäure und Phosphor Steinkohle zu 80% ihres Gewichtes in eine erdölartige Flüssigkeit verwandelt. Bergius[54] hat später bei Anwendung der Hochdruckhydrierung (200 Atm., 400°) ein ähnliches Resultat erhalten. Aber derartige Hydrierungsmittel sind natürlich in der Erde nicht vorhanden. So ist auch die Bildung des Erdöles aus Humussubstanz der Kohle ausgeschlossen.

Ein Hinweis auf den Gehalt mancher Erdöle an Phenolen kann auch nicht beweisend für Herkunft des Erdöles aus Steinkohle sein. Denn die Phenole entstehen durch Dehydrierung von Harzalkoholen. Derartige Harze können aber im Faulschlamm vorhanden gewesen sein und bei der weiteren Umwandlung des Bitumens die Phenole geliefert haben.

Ich bin am Schlusse meiner Ausführungen und möchte noch einmal kurz zusammenfassen:

---

[52] Vergl. E. Donath, Zeitschr. f. Petrol. 12 (1916/17), S. 364/65.

[53] Ann. Chim. Phys. XX. (1870), S. 530. M. Berthelot: „Les carbures d'hydrogène" III, Paris 1901, Gauthier-Villars, S. 276—285.

[54] Bergius und Billwiller, D. R. P. Nr. 304348 (Chem. Centr. 1919, IV, S. 940); D. R. P. Nr. 301231 (Chem. Centr. 1920, II., S. 374); D. R. P. Nr. 303893 (Chem. Centr. 1920, II, S. 615).

Die Substrate des Erdöl- und Kohlebitumens sind ähnlicher Natur. Sie bestehen hauptsächlich aus Fett- und Harzsubstanzen in wechselnder Zusammensetzung und Mischung. Aber beide Substrate haben ganz andere Bedingungen gefunden, unter denen sie sich im Laufe der geologischen Epochen umgewandelt haben.

Sie sind nicht zwei Äste an demselben Baume, vielmehr zwei Bäume, die in ähnlichem Boden wurzeln, aber verschiedene Entwicklungsbedingungen gefunden und daher durchaus verschiedene Formen angenommen haben.




UNIVERSITY OF MINNESOTA
3 1951 D00 649 970 V


Minnesota Library Access Center